

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів**

До захисту допущено:

В.о. завідувача кафедри

Віктор АНТОНЮК

« » 20 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Медичні прилади і системи»
спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»
на тему: «Цифровий мамограф»**

Виконала:

студентка III курсу, групи ПБ-п72
Корніснко Катерини Володимирівни

Керівник:

асистент
Вонсевич Костянтин Петрович

Консультант з конструкторського розділу:

доцент, кандидат технічних наук
Герещенко Микола Федорович

Рецензент:

В.о. зав. кафедрою, д.т.н., професор,
Киричук Юрій Володимирович

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студентка

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДІПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДППБ-п72.1702.000 ПЗ	Пояснювальна записка	73	
3	A3	ДППБ-п72.1702.001СХ	Класифікація методів діагностики РМЗ	1	
4	A2	ДППБ-п72.1702.002СХ	Класифікація засобів мамографії	1	
5	A3	ДППБ-п72.1702.003	Загальний вигляд цифрового мамографа	1	
6	A1	ДППБ-п72.1702.004СХ	Функціональна схема цифрового мамографа	1	
7	A3	ДППБ-п72.1702.005СХ	Функціональна схема системи автоматизованої діагностики РМЗ	1	
8	A3	ДППБ-п72.1702.006СХ	Схема електрична високовольтного генератора	1	
9	A2	ДППБ-п72.1702.007СХ	Схема структурного складу	1	
10	A2	ДППБ-п72.1702.008СХ	Технологічна схема складання	1	
11	A4	ДППБ-п72.1702.009СХ	Маршрутна карта	5	

				ДППБ-п72.1702.000ПЗ		
	ПІБ		Дата	Відомість дипломного проєкту		
Розроби	Корнієнко К В					
Керівн	Вонсевич К П					
Консулът	Терещенко М Ф					
Н/контр						
Зав. каф.				Лист 1		
				Листів 1		
				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ВП Гр. ПБ-п72		

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Приладобудівний факультет

Кафедра виробництва приладів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»

Освітньо-професійна програма «Медичні прилади і системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

Віктор АНТОНЮК

«__» _____ 20__ р

ЗАВДАННЯ

на дипломну проєкт студентки

КОРНІЄНКО КАТЕРИНИ ВОЛОДИМИРІВНИ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Цифровий маммограф

керівник роботи

Вонсевич Костянтин Петрович, асистент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 25 » травня 2020 р № 1180-с

2. Термін подання студентом роботи **4 червня 2020 року**

3. Вихідні дані до роботи **Доза опромінення 0,1-1,0 мР цифрового маммографа**

4. Зміст пояснювальної записки Вступ; 1. Конструкторський розділ; 1.1. Огляд та аналіз анатомічних особливостей та захворювань молочної залози; 1.2. Статистика захворюваності на рак молочної залози; 1.3. Аналіз методів та засобів дослідження раку молочної залози; 1.3.1. Фактори ризику; 1.3.2. Особливості діагностики молочної залози; 1.4. Огляд, аналіз та класифікація систем та апаратів діагностики стану молочної залози; 1.4.1. Класифікація систем та апаратів діагностики стану молочної залози; 1.4.2. Загальний алгоритм клінічного маршруту при діагностиці стану молочної залози; 1.5. Види та класифікація засобів маммографії; 1.5.1. Аналогові (плівкові) засоби

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд та аналіз анатомічних особливостей молочної залози	15.04.2020	
2	Розробка класифікації методів визначення раку молочної залози та класифікації засобів мамографії	17.04.2020	
3	Розробка конструкції цифрового мамографа	21.04.2020	
4	Промисловий розрахунок	28.04.2020	
5	Розробка структурно-функціональних схем	05.05.2020	
6	Розробка електричної схеми та її розрахунок	12.05.2020	
7	Розробка складального креслення та його деталювання	19.05.2020	
8	Проведення технологічних розрахунків	26.05.2020	
9	Розробка CCC та TCC	31.05.2020	
10	Розробка маршрутних карт	02.06.2020	
11	Подача диплому до захисту	04.06.2020	

Студентка

Керівник



Катерина КОРНІЄНКО

Костянтин ВОНСЕВИЧ

Анотація

Структура та обсяг проекту: пояснювальна записка складається із вступу, двох розділів, висновків та списку використаної літератури із 36 джерел. Загальний обсяг дипломної проекту складає: 73 сторінки, ілюстрацій – 18, таблиць – 14.

Метою дипломної проекту була розробка цифрового мамографа, з використанням системи автоматизованої діагностики стану молочної залози.

Для виконання проекту були впроваджено контроль значення дози D_i опромінення. В результаті роботи було реалізовано система автоматизованої діагностики стану молочної залози, що надає забезпечення мінімальних можливих доз опромінення.

За темою дипломного проекту опубліковано статті:

1. Корнієнко, К. В. Радіотермографія як метод діагностики раку молочної залози / К. В. Корнієнко // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна : збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського; Центр учбової літератури, 2019. – С. 355–357. – Бібліогр.: 7 назв.

2. Корнієнко К.В., Термографія як метод ранньої діагностики / Корнієнко К.В. // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених: «Погляд у майбутнє приладобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ - м. Київ, Україна, 13-14 травня 2020 р. – ПУМПБ – С. 198-201

3. Корнієнко К. В., Терещенко М. Ф., Система візуалізації теплових полів людини // Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.202-205.

Проект виконано на основі завдань цільової програми наукових досліджень НАН України «Матеріали для медицини і медичної техніки та технології їх отримання і використання» на 2017-2021 роки, затвердженої Постановою Президією НАН України №76 від 15.03.2017, та договору № 5/2014 від 10.07.2014 р. про співпрацю ПФФ НТТУ «КПІ» з ТОВ «НМЦ Медінтех». Результати можуть бути використані в спільних роботах ТОВ «НМЦ Медінтех» та НТТУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (Акт впровадження від 03.06.2020р.).

Проект рекомендована до підготовки заявки на патент України як формула корисної моделі, за назвою «Спосіб автоматизованої діагностики та терапії захворювання молочної залози», під керівництвом Терещенко Миколи Федоровича, доцент, кандидат технічних наук та Яковенко Ірини Володимирівни, асистента.

Ключові слова: рак молочної залози; мамограф; цифровий мамограф; молочна залоза, система автоматизації діагностики стану молочної залози.

Abstract

Structure and scope of the project: the explanatory note consists of an introduction, two sections, conclusions and a list of references from 36 sources. The total volume of the diploma project is: 73 pages, illustrations – 18, tables – 14.

The aim of the diploma project was to develop a digital mammogram using an automated breast diagnostics system.

To implement the project, control of the dose value D_i of irradiation was introduced. As a result of the work, a system of automated diagnostics of the breast condition was implemented, which provides the minimum possible radiation doses.

Articles were published on the topic of the diploma project:

1. Kornienko, KV Radiothermography as a method of diagnosing breast cancer / KV Kornienko // XV All-Ukrainian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists "Efficiency of engineering solutions in instrument making", December 10-11, 2019, Kyiv, Ukraine: Proceedings of the conference / KPI. Igor Sikorsky, PBF, FMM. - Kyiv: KPI named after Igor Sikorsky; Center for Educational Literature, 2019. - P. 355–357. - Bibliogr .: 7 titles.

2. Kornienko KV, Thermography as a method of early diagnosis / Kornienko KV // XIII Scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists: "A look into the future of instrument making" / KPI. Igor Sikorsky, PBF - Kyiv, Ukraine, May 13-14, 2020 - FUIB - P. 198-201.

3. Kornienko KV, Tereshchenko MF, The system of visualization of human thermal fields // Proceedings of the XIII All-Ukrainian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists "A LOOK IN THE FUTURE OF INSTRUMENT MANUFACTURING", May 13-14, 2020. K .: PBF, KPI. Igor Sikorsky. - 2020. - P.202-205.

The project was implemented on the basis of the target program of scientific research of the NAS of Ukraine "Materials for medicine and medical equipment and technology for their production and use" for 2017-2021, approved by the Presidium of the NAS of Ukraine №76 from 15.03.2017, and the agreement № 5/2014 from

July 10, 2014 on the cooperation of PBF NTTU "KPI" with LLC "NMC Medintech". The results can be used in the joint work of LLC "NMC Medintech" and NTTU "KPI. Igor Sikorsky "(Act of implementation from 03.06.2020).

The project is recommended for the preparation of a patent application of Ukraine as a utility model formula, entitled "Method of automated diagnosis and treatment of breast disease", led by Tereshchenko Mykola Fedorovich, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences and Yakovenko Irina Vladimirovna, assistant.

Key words: breast cancer; mammogram; digital mammogram; breast, automation system for diagnosing the condition of the breast.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	13
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	16
1.КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	17
1.1. Огляд та аналіз анатомічних особливостей та захворювань молочної залози	18
1.2. Статистика захворюваності на рак молочної залози	22
1.3. Аналіз методів та засобів дослідження раку молочної залози.....	25
1.3.1. Фактори ризику	25
1.3.2. Особливості діагностика молочної залози	26
1.4. Огляд, аналіз та класифікація систем та апаратів діагностики стану молочної залози	30
1.4.1. Класифікація систем та апаратів діагностики стану молочної залози.....	30
1.4.2. Загальний алгоритм клінічного маршруту при діагностиці стану молочної залози	31
1.5. Види та класифікація засобів мамографії	34
1.5.1. Аналогові (плівкові) засоби мамографії.....	35
1.5.2. Цифрові засоби мамографія.....	36
1.5.3. Скринінгові засоби мамографії.....	37
1.5.4. Засоби мамографії з томосинтезу	38
1.5.5. Порівняльна апаратна характеристика мамографів	40
1.6. Класифікація і склад рентгенівських мамографічних апаратів з цифровою реєстрацією зображення	40
1.7. Розробка способів автоматизації діагностики РМЗ.....	43
1.7.1. Розробка конструкції цифрового мамографа	43
1.7.2. Розробка структурно-функціональної схеми цифрового мамографа з екраном електронно-оптичного перетворювача (ЕОП)	44
1.7.3. Медико-технічних характеристик рентгенівського мамографічного апарата з цифровою реєстрацією зображення	46
1.7.4. Шляхи модернізації та покращення роботи цифрового мамографа ..	50
1.7.5. Модернізація цифрового мамографа	53

1.7.5.1. Термографічний метод ранньої діагностики РМЗ	53
1.7.5.2. Розробка структурно-функціональної схеми системи автоматизованої діагностики стану молочної залози	54
1.7.5.3. Обґрунтування способу автоматизації діагностики РМЗ	57
1.8. Розрахунок параметрів цифрового мамогрофа	58
1.8.1. Розрахунок експозиційної дози	58
1.8.2. Розрахунок електричної схеми	60
1.8.3. Розрахунок параметрів електричної схеми	65
ВИСНОВКИ ДО КОНСТРУКТОРСЬКОГО РОЗДІЛУ	68
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	69
2.1. Аналіз технологічності виробу	70
2.1.1. Основні критерії технологічності	71
2.1.2. Відносні показники технологічності	72
2.1.3. Енергетичний розрахунок	75
2.1.4. Розрахунок розмірного ланцюга	81
2.2. Розробка схеми складання та технологічного процесу складання	83
2.2.1. Схема структурного складу	83
2.2.2. Технологічна схема складання	83
2.2.3. Маршрутні карти складання	83
ВИСНОВКИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗДІЛУ	83
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	85
ДОДАТКИ	93
ДОДАТОК 1	94
ДОДАТОК 2	96
ДОДАТОК 3	98
ДОДАТОК 4	100
ДОДАТОК 5	102
ДОДАТОК 6	104
ДОДАТОК 7	106
ДОДАТОК 8	108

ДОДАТОК 9	110
ДОДАТОК 10	116
ДОДАТОК 11	118
ДОДАТОК 12	120

ВСТУП

Рак молочної залози (РМЗ) — це злоякісне пухлинне утворення в молочній залозі, що досить поширене на теперішній час у світі.

Близько 30% усіх випадків раку серед жінок, нині припадає саме на рак молочної залози. Окрім важких фізичних та психологічних наслідків, РМЗ також дуже часто є причиною передчасної смерті, випереджаючи смертність від серцево-судинних захворювань [1].

Актуальність: на зараз дуже важливо правильне і вчасне діагностування раку молочної залози на ранніх стадіях, який зменшить ризики ускладнень, а то і літального випадку. Так як на теперішній час щоденно в Україні діагностується близько 470 нових випадків РМЗ, а 250 – помирають від цієї хвороби, кожний новий випадок РМЗ діагностується через 30 хвилин і щогодини помирає 1 жінка від РМЗ [1].

Мета – розробка цифрового мамографа: виконати аналітичну роботу над порівняння по видам діагностики РМЗ за допомогою мамографа, його переваги та недоліки порівняно з іншими методами. Та провести порівняльну характеристику вже існуючих видів мамографії.

Задачі:

- огляд та аналіз літературних джерел по проблемі РМЗ та сучасних методів діагностики РМЗ;
- класифікація методів та засобів діагностики стану молочної залози;
- розробка функціональна і електричної схем та конструкції цифрового мамо графа;
- променевий та електричний розрахунки;
- складальне креслення та деталювання;
- розробка модернізованої структури (підготовка заявки на Патент України);
- технологічні розробки та розрахунки

За темою дипломного проекту опубліковано статті:

1. Корнієнко К. В., Радіотермографія як метод діагностики раку молочної залози / К. В. Корнієнко // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна : збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського; Центр учбової літератури, 2019. – С. 355–357. – Бібліогр.: 7 назв.

2. Корнієнко К. В., Термографія як метод ранньої діагностики / Корнієнко К.В. // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених: «Погляд у майбутнє приладобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ - м. Київ, Україна, 13-14 травня 2020 р. – ПУМПБ – С. 198-201

3. Корнієнко К. В., Терещенко М. Ф., Система візуалізації теплових полів людини // Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Погляд у майбутнє приладобудування”, 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.202-205.

Проект виконано на основі завдань цільової програми наукових досліджень НАН України «Матеріали для медицини і медичної техніки та технології їх отримання і використання» на 2017-2021 роки, затвердженої Постановою Президією НАН України №76 від 15.03.2017, та договору № 5/2014 від 10.07.2014 р. про співпрацю ПБФ НТТУ «КПІ» з ТОВ «НМЦ Медінтех». Результати можуть бути використані в спільних роботах ТОВ «НМЦ Медінтех» та НТТУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (Акт впровадження від 03.06.2020р.) представлено в Додатку 1.

Проект рекомендована до підготовки заявки на патент України як формула корисної моделі, за назвою «Спосіб автоматизованої діагностики та терапії захворювання молочної залози», під керівництвом Терещенко Миколи Федоровича, доцент, кандидат технічних наук та Яковенко Ірини Володимирівни, асистента.

Ключові слова: рак молочної залози; мамограф; цифровий мамограф; молочна залоза, система автоматизації діагностики стану молочної залози.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

АРМ - автоматизоване робоче місце

ЕОП - екраном електронно-оптичного перетворювача

ЗП – злоякісна пухлина

ІЧ – інфрачервоне випромінення

МЗ – молочна залоза

Р – рентген

РМЗ – рак молочної залози

РПЖ – рентгенівський пристрій живлення

СПО - спеціального програмного забезпечення

ТСД – тепловізійна система діагностики

ФМД – фізичні методи дослідження

ЦПРВ – цифровий перетворювач рентгенівського випромінювання

1. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1. Огляд та аналіз анатомічних особливостей та захворювань молочної залози

Молочна залоза – залоза зовнішньої секреції, репродуктивний парний орган. У дівчат, що є статеводозрілими має форму півкулі, що прилягають до грудної клітки в області третього-сьомого ребра. Молочні залози кріпляться за допомогою великого грудного м'язу та передньозубчастого м'язу. Здорова жіноча залоза складається з 12-20 секцій під назвою долі.

Кожна з цих часток складається з багатьох дрібних долей, залоз, що виробляють молоко у жінок-годувальниць (рис.1.1). Обидві частки і дольки з'єднані молочними каналами, які діють як стебла або трубки для транспортування молока до соска. Ці грудні структури, як правило, починають формувати рак [2, 3].

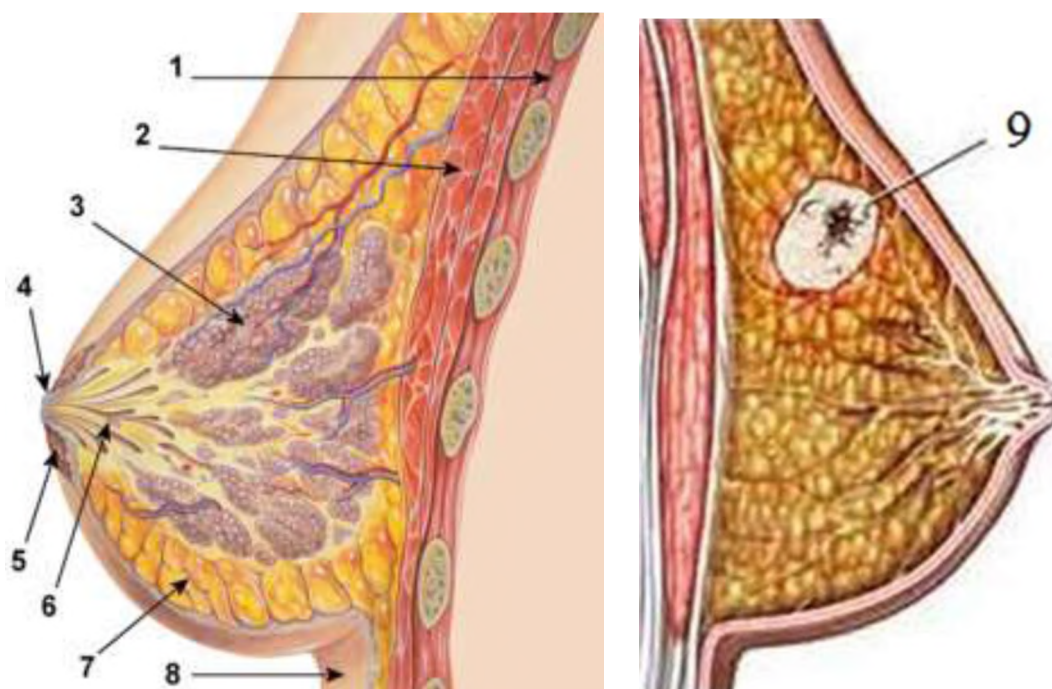


Рисунок 1.1. а) норма: 1 — грудна стінка; 2 — грудні м'язи; 3 — молочна доля; 4 — сосок; 5 — ареола; 6 — молочний проток; 7 — жирова тканина; 8 — шкіра;

б) 9 – патологія (рак) молочної залози [2]

Квадранти молочної залози.

Загальновизнаною схемою для надання локалізації патології в молочній залозі є поділ її на квадранти (рис. 1.2) [2]:

- верхній зовнішній,
- верхній внутрішній,
- нижній зовнішній
- нижній внутрішній

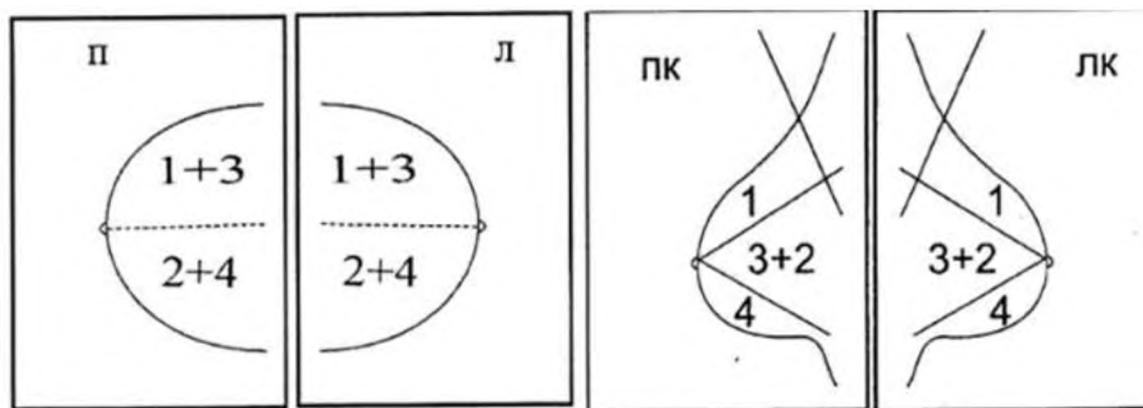


Рисунок 1.2. Ділення молочної залози на квадранти: 1 – верхній зовнішній; 2 – верхня медіальна; 3 – нижній зовнішній; 4 – нижній внутрішній [2]

Класифікацію можливих локацій патологічних ознак (рис. 1.3).

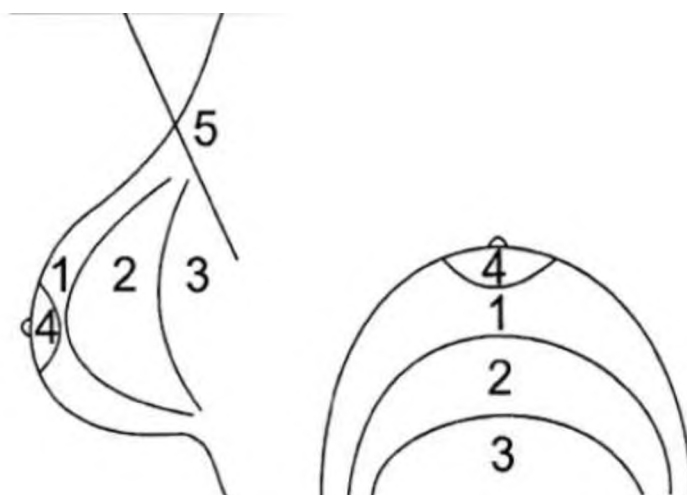


Рисунок 1.3. Зони локацій патологічних ознак: 1 – передній відділ (премамарна клітковина), 2 – середній відділ (тіло залози), 3 – задній відділ (ретромамарна клітковина), 4 – субареолярна зона; 5 – аксилярний відросток [2]

За глибиною визначають (рис. 1.4):

- передній,
- серединний (центральный)
- задні відділи,
- суб-ареолярная зона.

Локалізація (рис. 1.4):

- розташування
- квадрант і стрілка годинника
- глибина
- відстань від соска



Рисунок 1.4. Локалізація дослідження молочної залози [4, 5]

Для більш точного зазначення локалізації рекомендується користуватися схемою годинного циферблату (рис. 1.5), а також вказувати відстань від патологічних змін до соска (рис. 1.6).

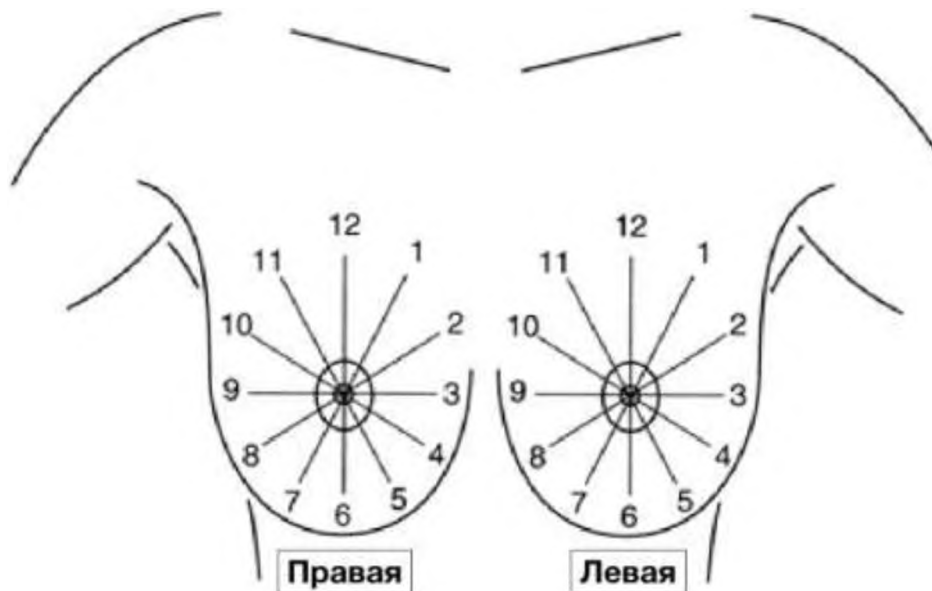


Рисунок 1.5. Метод дослідження молочної залози по локалізаціям[4, 5]

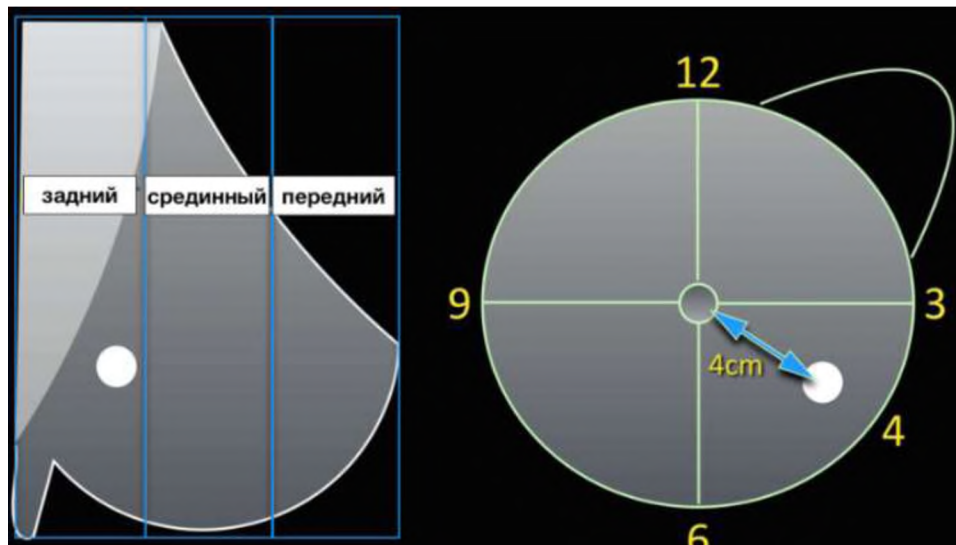


Рисунок 1.6. Локалізація глибини патологій молочної залози [4, 5]

Особливістю верхніх зон є наявність лімфатичних вузлів, в яких найбільш часто зароджуються патологічні процеси. У них впадають лімфатичні судини, які проводять відтік лімфи, що веде до швидкої появи метастаз.

Кровопостачання молочної залози здійснюється за двома основними артеріями:

- внутрішньої грудної;
- бічної грудної.

У межах жирової тканини є мережа зв'язок, фіброзної сполучної тканини, нервів, лімфатичних судин, лімфатичних вузлів та кровоносних судин.

Breast Imaging-Reporting and Data System. Основним завданням даної класифікації в даний час є стандартизація інтерпретації результатів обстеження молочних залоз променевими методами візуалізації (рентгенівська мамографія, ультразвукове дослідження і магнітно-резонансна (МР) томографія молочної залози), спрощення мови спілкування лікарів різних спеціальностей і країн. Шкала BI-RADS важлива саме тим, що вона вказує конкретний план подальших медичних дій, спрямованих на постановку остаточного діагнозу, вироблення тактики подальшого ведення пацієнток з утвореннями молочних залоз. Крім того, система BI-RADS спрямована на стандартизацію звітності [3, 6].

1.2. Статистика захворюваності на рак молочної залози

Рак молочної залози — найбільш розповсюджене онкологічне захворювання серед жіночого населення України (20%). Рак молочної залози займає друге місце в структурі онкологічної захворюваності і перше – в структурі онкологічної смертності жіночого населення [3].

Щороку у світі реєструється 14 мільйонів нових випадків раку, з яких 140 тисяч припадають на Україну. За даними ВООЗ у нашій державі понад 1 мільйон хворих та щодня близько 450 людей дізнаються, що у них виявлено злоякісну пухлину [7].

На розвиток небезпечної хвороби впливає стать та вік людини. Найпоширенішими онкологічними формами злоякісних пухлин є: у чоловіків – рак трахеї, бронхів, легень, у жінок – рак молочної залози [7].

На (рис. 1.7) Зображено статистику захворювання на рак у світі, в порівнянні з Україною.

НАЙПОШИРЕНІШІ ВИДИ ОНКОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ



Щорічна реєстрація раку:



Рисунок 1.7. Статистика захворюваності на рак у світі [7]

Кожного року у світі реєструється все більше випадків раку молочної залози. В Україні виживаність за 5 років складає 56%, що майже удвічі менше, ніж у США (90%) [7].

На теперішній час від раку помирає близько 7,5 тис. жінок. За останні 50 років статистика захворювання раком виросла понад чотири рази (рис. 1.8).



Рисунок 1.8. Статистика захворюваності на рак в Україні [7]

1.3. Аналіз методів та засобів дослідження раку молочної залози

1.3.1. Фактори ризику

До групи високого ризику належать насамперед особи з поєднанням певних генетичних та фенотипічних факторів, перш за все — це особливості стилю життя. Деякі з факторів, які підвищують ризик захворювання на рак молочної залози, наступні [8]:

- вік (понад 40 років);
- спадкова і сімейна схильність (жінки, у яких матері або сестри хворіли на рак молочної залози, мають значно більше шансів захворіти на ту ж хворобу);
- пізня менопауза;
- ранній початок менструацій (до 12 років);
- народження першої дитини у віці понад 30 років;
- переривання вагітності;
- у жінок, які ніколи не народжували;
- фіброзно-кістозна мастопатія та інші проліферативні захворювання молочних залоз;
- ожиріння (понад 40% нормальної ваги);
- цукровий діабет, гіпертонічна хвороба;
- систематичне паління та вживання алкоголю.

Існують три основні клінічні форми РМЗ [8]:

- вузлова форма;
- дифузна форма;
- хвороба Педжета.

У більшості випадків ранній РМЗ розвивається безсимптомно. Для того, щоб виявити клінічні симптоми раку, самим жінкам дуже важливо слідкувати за змінами зовнішнього вигляду, чутливості, форми та структури своїх молочних залоз. Особливо необхідно звертати увагу на такі зміни [8]:

1. Поява нових ущільнень. Існують також шкірні симптоми вузлового РМЗ: над ущільненням при натисканні з'являється зморшкуватість шкіри, площадка чи воронкоподібне втягнення (симптом втягнення шкіри у формі пупка), бугристість, чи поява нових зморшок.

2. Болючість соска, потовщений сосок, патологічні виділення із соска, втягнення соска, симптом "ракетки" (еліпсоподібна ареолярна область).

3. Збільшення залози, поява пухлини у аксиллярній ділянці, а також деформація залози.

4. Одним із симптомів раку може бути також усихання сосків. Особливо небезпечно виділення із сосків крові.

5. Болі у залозі (рідко є симптомом РМЗ).

1.3.2. Особливості діагностика молочної залози

Діагностика РМЗ зазвичай починається з того моменту, коли сама жінка у процесі самообстеження, чи лікар при клінічному обстеженні молочних залоз виявляють вогнищеве ущільнення. Клінічне обстеження молочних залоз – дуже важлива частина оцінки стану молочних залоз [8].

У багатьох випадках для діагностики необхідно провести кілька досліджень, використовуючи різні методи. При плануванні дослідження насамперед необхідно враховувати індивідуальні особливості пацієнта й особливості перебігу захворювання, а також знаті принципи, можливості й обмеження кожного з методів, щоб забезпечити максимально ефективну діагностику і лікування [9].

Тому і вибір методу діагностики і тактики дослідження є одним з основних компонентів лікування онкологічних пацієнтів, а аналіз результатів крім відповіді на питання про наявність пухлини повинний сприяти одержанню інформації про тип пухлини, стадії пухлинного процесу і про залучення в патологічний процес суміжних з ураженим органом анатомічних структур [9].

Саму процедуру діагностики розділяють на 4 основні кроки [9, 10]:

1. Анамнез.

При зборі анамнезу особливу увагу звертають на слідуєчі фактори:

- кількість та дати перенесених пологів та абортів;
- розлади менструального циклу;
- початок захворювання (гострий, хронічний);
- характер болю (одне-, двобічний, постійний чи пов'язаний з місячними);
- наявність патологічних виділень із соска та їх характер;
- втрата ваги, анемія.

2. Огляд.

З метою чіткої локалізації процесу молочна залоза ділиться на 4 квадранти. При огляді повинні бути враховані:

- аномалії розвитку молочної залози;
- зміни форми і об'єму залози;
- зміни кольору шкіри залози;
- зміни форми сосків;
- зміни пахвинної, підключичної та надключичної западин.

3. Пальпація.

При пальпації хвора обстежується в декількох положеннях тіла та рук

4. Інструментальні методи обстеження:

- Цитологічне дослідження патологічного секрету молочних залоз.

Методика: отриманий секрет розводять фізіологічним розчином NaCl, наносять на обезжирене предметне скельце, висушують на повітрі і фарбують одним з стандартних методів.

- Пункційна (аспіраційно) біопсія.

Видалення або сканування шматочка пухлини чи підозрілої на пухлину тканини для гістологічного дослідження. Вона буває тотальною, коли пухлина, або підозрілий на метастаз лімфатичний вузол видаляється повністю. В онкологічних кабінетах і відділеннях поліклініки пункційної біопсії проводиться звичайною тонкою ін'єкційною голкою.

Одночасно з отриманого шляхом аспірації (відсмоктування) матеріалу готується 1-2 і більше цитологічних мазки, що направляються в клінічну лабораторію до цитолога [9].

Серед основних методів діагностики РМЗ можна виділити три групи (рис. 1.9) [10]:

- Фізичні методи;
- Гістологічні методи;
- Теплові методи.

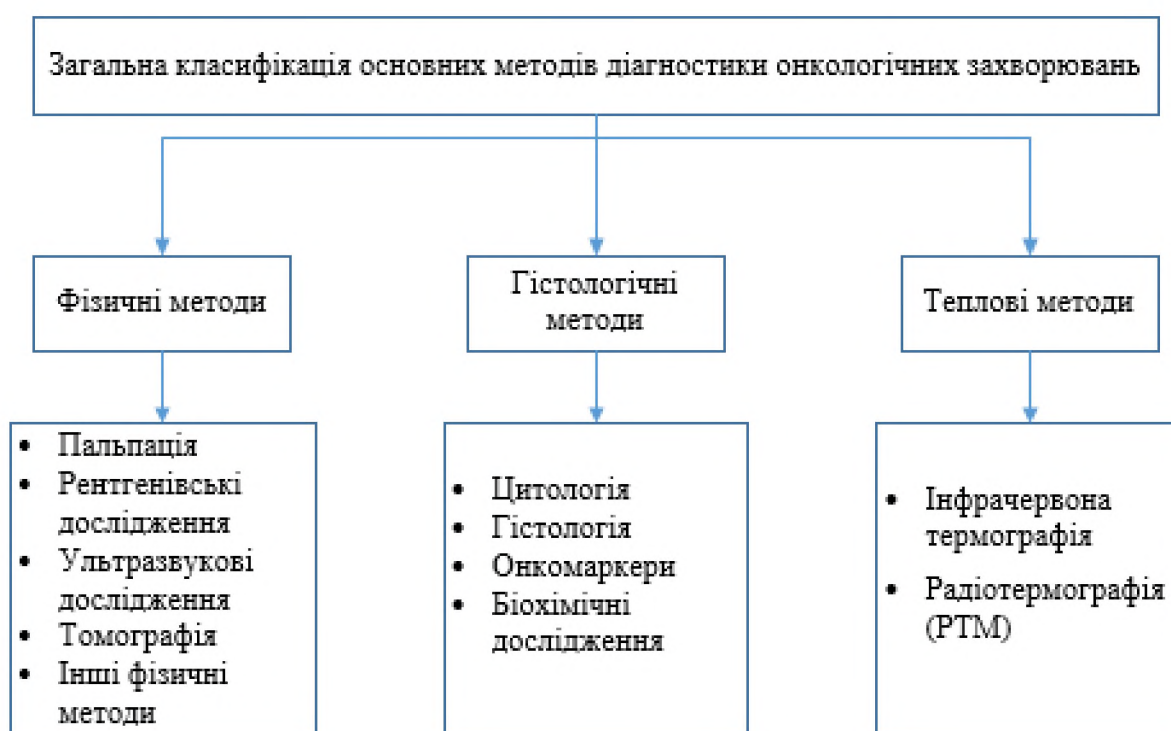


Рисунок 1.9. Загальна класифікація основних методів діагностики онкологічних [11]

Фізичні методи дослідження (ФМД) ефективні при діагностиці уже сформованих пухлин, з чіткими межами. Середній розмір пухлини, який може діагностуватись за допомогою ФМД складає від 1-го до 2-х сантиметрів, та відповідає розміру пухлини, що може створювати додаткові метастази [11].

Особливістю такого виду діагностики також є те, що променеве навантаження не дозволяє проводити систематичні дослідження фізичними методами частіше, ніж раз на півроку [11].

Гістологічні методи дослідження онкологічних захворювань є одними із найбільш достовірних, однак вони можуть бути застосовані лише інтраопераційно, або постопераційному хірургічному лікуванні для обмеженого переліку внутрішніх органів людини [11].

Теплові методи діагностики, в свою чергу, базуються на вимірюванні температурних змін чи аномалій у осередку дослідження тканин організму та забезпечують досить високу інформативність результатів вимірювання, при нешкідливості проведення досліджень [11, 12].

Зокрема, метод інфрачервоної (ІЧ) термометрії та радіотермометрії, заснований на діагностиці патологічних процесів, що супроводжуються зміною температури тканин, яка може бути викликана як із запальними процесами, так і злоякісним переродженням структури [11, 13].

При цьому, злоякісні пухлини (ЗП) на термограмах проявляються у вигляді гіпертермії (тобто характеризуються підвищенням температури поверхні, внаслідок метаболічних процесів і посилення кровотоку в тканинах ЗП) [11].

Саме дослідження відбувається променевими та магніторезонансними методами. Її розділяють на основні 6 методів [9, 14]:

1. Ультразвукові
2. Рентгенологічні
 - маммографія
 - галактографія (дуктографія)
 - пневмокістографія
3. Радіонуклідні
 - сцинтиграфія
 - радіоімунний аналіз
 - контактна бета-радіометрія

4. Термографічні та термометрія.

- термографія.
- термометрія .

5. КТ (комп'ютерна томографія)

6. МРТ (магніторезонансна томографія)

1.4. Огляд, аналіз та класифікація систем та апаратів діагностики стану молочної залози

1.4.1. Класифікація систем та апаратів діагностики стану молочної залози

На основі аналізу літературних джерел мною проведено порівняння найбільш поширених методів діагностики стану молочної залози.

За результатами проведеної роботи було сформована загальна таблиця оцінки позитивних та негативних результатів використання методів діагностики (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Порівняльна характеристика методів діагностики

№	Метод	Шкідливість	Діагностування доброякісної чи злоякісної пухлини	Визначення первинного раку	Мобільність (діагностування за межами лікарні)	Статистика по дослідженнях виявлення раку
1	УЗД	-	-	-	+	-
2	Рентгенологічний (мамографія)	+	+	+ (-)	-	+
3	Радіонуклідний	+ (-)	+	-	-	+ (-)
4	Термометрія і термографія	-	+ (-)	+ (-)	+	-
5	Комп'ютерна томографія	+	+	-	-	+ (-)
6	Магнітно-резонансна томографія	+	+	+	-	+

На основі аналізу літературних джерел та об'єктів мною запропонована наступна схема класифікацій методів діагностики раку молочної залози (рис. 1.10).

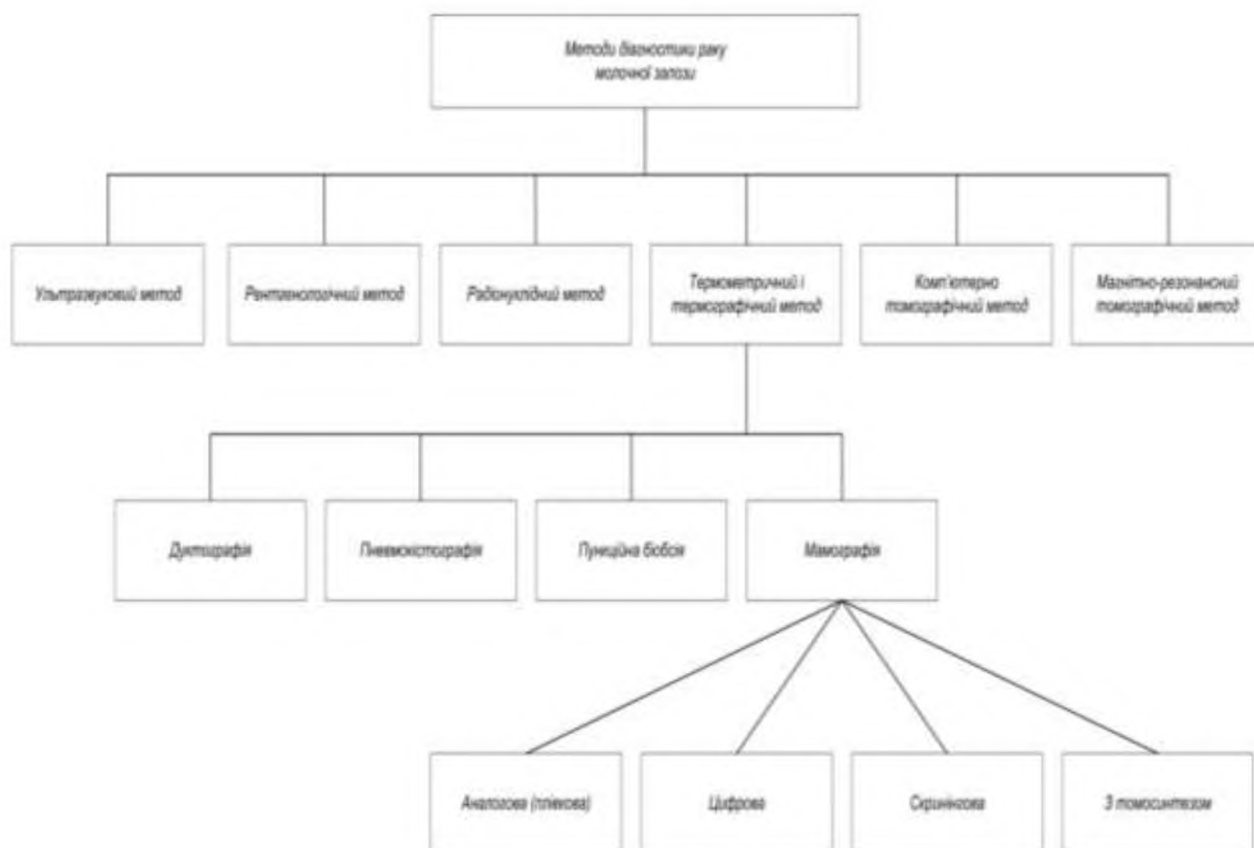


Рисунок 1.10. Класифікація методів діагностики РМЗ

Розроблена класифікація наведена в Додатку 2 креслення ДППБ-п72. 1702.001СХ.

1.4.2. Загальний алгоритм клінічного маршруту при діагностиці стану молочної залози

При діагностиці стану молочної залози і виникнення підозри в захворюванні на рак молочної залози, пацієнт проходить затверджений МОЗ України алгоритм клінічного маршруту діагностики (рис 1.11).

В основному класичними і широко розповсюджені методи діагностики:

- УЗД - ультразвуковий;
- рентгенологічний - мамографія.

Якщо ці дослідження не дають повної картини лікар може застосовувати спеціальні методи досліджень, такі як дуктографія, стереотактичної біопсія, аспіраційна біопсія, трукат-біопсія.

В своїй роботі я буду розглядати самий поширений метод діагностики це цифрова мамографія. Вона являється найбільш ефективним та інформативним методом доклінічної діагностики РМЗ.

Навіть наказом МОЗ України від 30.06.2015 р. № 396 затверджено Уніфікований клінічний протокол первинної, вторинної (спеціалізованої), третинної (високо-спеціалізованої) медичної допомоги «Рак молочної залози» [15].

Відповідно до протоколу усім жінкам [15]:

- віком 35–40 років одноразово проводиться первинна мамографія для визначення структури тканини молочної залози (МЗ);
- віком 40–49 років пропонується проводити мамографію залежно від клінічних показань;
- віком 50–69 років без будь-яких симптомів та скарг повинні проходити мамографічний скринінг 1 раз на 2 роки, враховуючи результати попередніх обстежень [16].

На зараз захворювання МЗ, які виявлені в обстежених жінок за допомогою мамографа представлена в статистиці згідно віку (табл. 1.2). Представлена в Додатку 3.

Згідно з даними таблиці, у 343 жінок встановлена патологія МЗ. Перевагу становлять 182 (53,1%) жінки з різними формами мастопатії [15, 16].

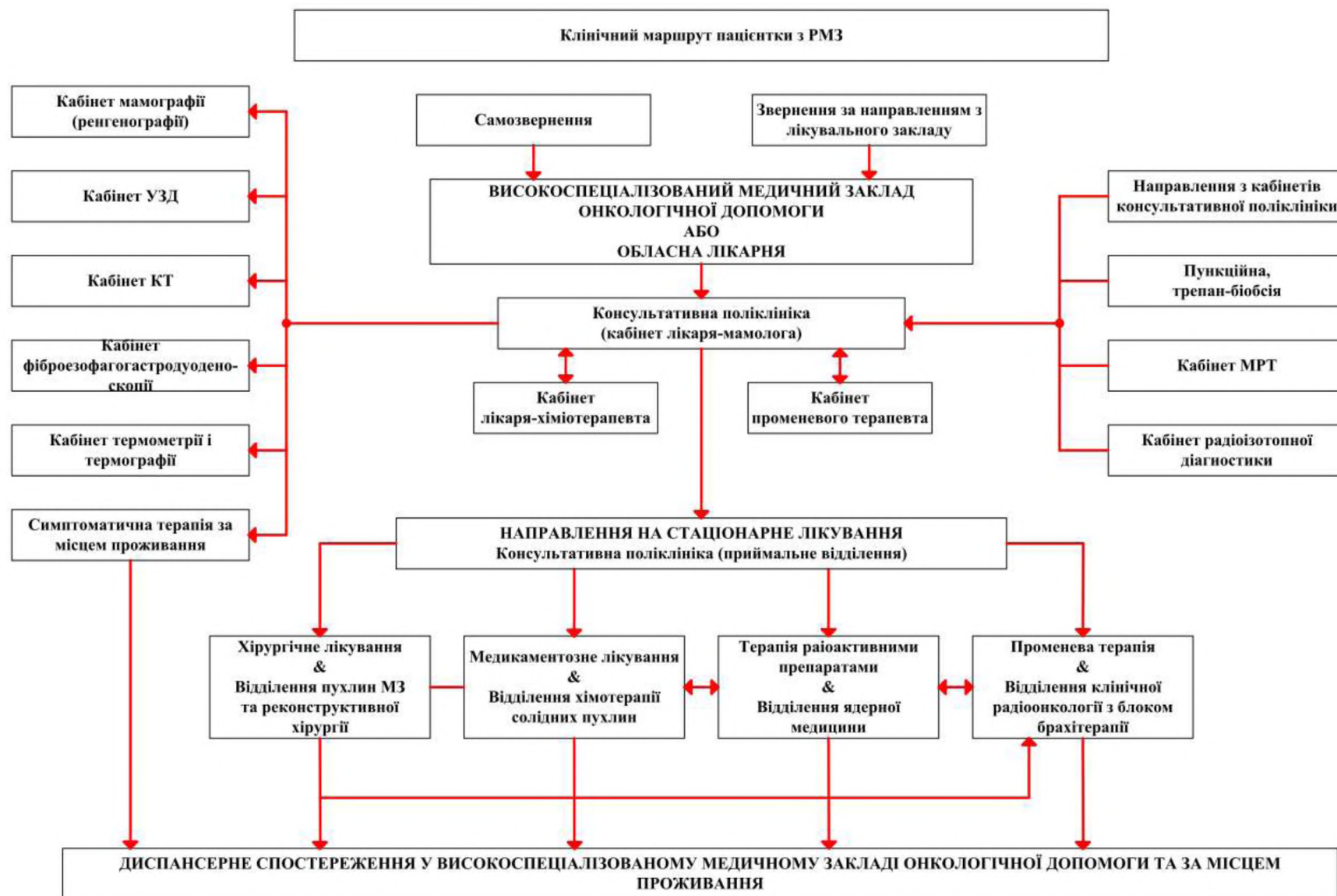


Рисунок 1.11. Загальний алгоритм клінічного маршруту діагностики раку молочної залози [17]

1.5. Види та класифікація засобів мамографії

Вибір рентгенівської установки є одним із важливіших задач, є декілька факторів по яким можна керуватися:

1. необхідно зрозуміти, який тип рентгенівської установки підійде під потреби лікувально-діагностичного закладу.

2 визначити значимі параметри, за якими її потрібно буде вибрати.

3. чи варто переплачувати за додатковий функціонал обладнання.

Початковим моментом для будь-якої лікарні при виборі стане питання ціни. Очевидно, що ціна рентгенівського апарату повністю залежить від:

- класу приладу,
- виду апарату,
- можливості його розташування,
- області застосування,
- функціоналу.

Все рентгенівські установки можна розділити за способом установки і експлуатації на:

- стаціонарні
- пересувні або мобільні

Вони в свою чергу діляться на рентгенівські системи [18]:

- на 2 робочих місця - найпопулярніші стаціонарні рентгени, що включають в себе рентгенівську трубку, стіл і стійку знімків, а також генератор.

Випромінювач з рентгенівською трубкою може бути як з стельовим, так і підлоговим кріпленням, стіл знімків призначений для положення «лежачи», а стійка - для положення «стоячи».

- на 3 робочих місця - телекеровані поворотні столи-штативи - відрізняються найвищою ціною і неперевершеною функціональністю: вам

стають доступні всі види рентгенографічних і рентгеноскопічних досліджень [18].

На теперішній час розрізняють декілька видів засобів мамографії:

1. аналоговий (плівковий);
2. цифровий або оцифрований;
3. скринінгові;
4. з томосинтезом.

Розглянемо всі переваги та недоліки кожного методу.

1.5.1. Аналогові (плівкові) засоби мамографії

Апарат, оснащений касетоприймач для фіксації касети з плівкою.

Зображення у мамографа формується за допомогою рентгенівських променів, що генеруються трубкою і проходять через тканини молочної залози [19].

Запис мамограми здійснюється на плівку, тому такі установки називаються також «плівковими».

Перевагами такого методу є:

- Формують зображення на рентгенівській плівці.
- Простий в проектування рентгенівських променів (рентгенівська трубка).
- Висока клінічна ефективність і знижена доза навантаження.
- Вважаються бюджетними, тому не втрачають популярності.

Основними недоліками є:

- Потрібен точний розрахунок режимів, це дозволить виключити затемнення зображення або його «пересвічування», що має велике значення для якості і достовірності діагностики.
- Високе опромінення пацієнта.
- Робота з зображеннями обмежені (порівняно з цифровим обладнанням).

Спеціаліст не може вносити зміни в знімок, коригувати його якість, масштабувати, копіювати, відправляти на комп'ютерні пристрої і виконувати будь-які інші маніпуляції для його оптимізації.

1.5.2. Цифрові засоби мамографія

Рентгенівські промені, проходячи через молочну залозу, потрапляють на спеціальну матрицю, яку потім розпізнає комп'ютер. Далі можливості лікаря, що працює на спеціальній робочій станції з отриманими зображеннями, практично безмежні. За допомогою спеціального програмного забезпечення зображення можна зробити максимально чіткими, якісними, при необхідності можна збільшувати «проблемні» зони і вивчити їх більш детально[20].

За своїм бажанням пацієнт може отримати своє дослідження на цифровому носії (CD-диск), який забезпечений спеціальною програмою для роботи з зображеннями, якщо є потреба, то можна отримати необхідну кількість копій на плівках, які роздруковуються на спеціальному принтері для рентгенівських плівок.

Основними недоліками є [21]:

- Дорожчі, ніж аналогові мамографічні машини.
- Цифровий детектор делікатний, і якщо він ламається, то його лагодження буде коштувати дорого.
- Більш чутливі до перепадів температури навколишнього середовища, ніж аналогові.
- Важке обслуговування тому деякі виробники вважають за краще не надавати контракти на сервісне обслуговування.
- При знімку крупних грудей може знадобитися зробити кілька цифрових зображень, які важче буде читати.

Перевагами є [20]:

- Підвищення самої якості дослідження молочних залоз, завдяки високій роздільній здатності і чіткості, яку можуть демонструвати тільки

цифрові мамографи, що дозволяє лікарю провести найбільш ранню і точну діагностику, за рахунок після обробки отриманих зображень.

- Істотно знижена опромінення пацієнта.

- Висока чутливість приймаючої матриці і спеціальне програмне забезпечення дають можливість побачити майже всі тканини органу на одному знімку.

- Можливість бачити найдрібніші патологічні зміни (наприклад, мікрокальцинати, розмірами набагато менше 1 мм, що для більшості аналогових (плівкових) мамограф є свого роду «стелею»), що істотно підвищує рівень ранньої діагностики раку молочних залоз.

- Допомогає усунути можливі неточності при виборі параметрів експонування дослідження, завдяки чому відпадає потреба в проведенні повторних знімків і додаткового опромінення пацієнта.

- Немає необхідності в застосуванні хімікатів для прояву рентгенівської плівки (що істотно підвищує екологічність), весь процес тепер виконує спеціальна комп'ютерна радіографіческая станція, завдяки якій також істотно знижується витрати часу.

- Використання спеціальної термографіческой плівки (яка не чутлива до світла) і термографічного принтера допомагає в отриманні високоякісних зображень не тільки на комп'ютері, але і на відчутному плівковому носії;

- У пацієнта є можливість не тільки отримати високоякісні діагностичні дані, але і можливість для передачі результатів свого дослідження на консультацію в будь-яку точку земної кулі за допомогою цифрових мереж без втрат якості і інформативності, при цьому, не виходячи за межі свого будинку або офісу.

1.5.3. Скринінгові засоби мамографії

Це обладнання для виявлення найдрібніших змін, які зазвичай не візуалізуються зовні і не відрізняються вираженою симптоматикою.

Скринінг - система первинного обстеження груп клінічно без симптомних осіб з метою виявлення випадків захворювання [20].

Основним недоліком є [22]:

- Іноді скринінг не виявляється пухлина в молочній залозі, яка вже розвивається (помилково негативні результати).
- Іноді зміни тканини молочної залози на мамограмі виглядають як рак (хибно-позитивний результат, гіпердіагностика), але злоякісними не є.
- Особливе занепокоєння можуть заподіяти підозра на злоякісне утворення і очікування результатів біопсії, згодом виявилось безпідставним [23].
- Якщо пухлина, незважаючи на її раннє виявлення і терапію, виявляється невиліковною, що призводить до продовження страждань, але не життя.
- У випадку, якщо поставлений неправильний діагноз з усіма наслідками, що впливають звідси негативними наслідками для пацієнтки.

Перевагами такого метода є [20]:

- Простота експлуатації та швидкість обстежень.
- Мамографічний метод дослідження зводить до мінімуму можливий ризик «пропуску» патології при проведенні скринінгу.
- Скринінговий метод завжди буде ефективним за рахунок високої точності і чудової якості одержуваних мамограм.
- За допомогою скринінгу можна значно скоротити показники смертності від пухлин молочної залози.

Згідно зі статистикою, щороку скринінгова мамографія дозволяє виявити приховані патології у 5000 пацієнток.

1.5.4. Засоби мамографії з томосинтезу

Мамограф з томосинтезом - це найбільш сучасне рішення для диференціальної діагностики не пальпаційних утворень [20].

Відомо, що при перекритті тканин інтерпретація зображень ускладнюються під час дослідження молочних залоз, що помітно впливає на якість діагностики [20].

Томосинтез є особливою технологією, за допомогою якої можна вирішити дану проблему. З її допомогою здійснюється тривимірне сканування тканин з послідовним створенням томограм [20].

Мамограф рентгенівський з томосинтезом - це практично революційне обладнання з новими можливостями оптимізації зображення. За допомогою такої мамографічної системи можна в кілька разів скоротити кількість помилкових діагнозів, так як вона забезпечує високу клінічну ефективність при мінімальних дозових навантаженнях [20].

Основними недоліками є [20]:

- Жорстка компресія молочних залоз під час дослідження, що викликало великий дискомфорт у пацієнток.
- Крім хворобливих відчуттів компресія провокувала часткове перекриття тканинами один одного, що в деяких випадках не дозволяло побачити новоутворення.
- Отримання знімка тільки в бічній і передній проекції - недостатня інформативність (мамографічний томосинтез, навпаки, розширює межі діагностики).
- Необхідність в отриманні повторних знімків при дефектах зображень молочних залоз.

Перевагами такого методу є [20]:

- Висока чутливість, неперевершена інформативність і точність.
- Можливість точної оцінки поширеного стану железисто-фіброзної тканини.
- Відображення знімків в формі об'ємних зображень.
- Чітка візуалізація кальцинованих вузликів невеликих розмірів.
- Низька компресія тканин, що важливо для максимально комфортної мамографії.
- Виявлення пухлини вже на ранній стадії розвитку.
- Скорочення часу обстеження.

1.5.5. Порівняльна апаратна характеристика мамографів

На підставі проведеного аналізу було сформовано таблицю порівняння апаратних характеристик мамографів (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Порівняльна апаратна характеристика

№	Методи	Виявлення початкового раку	Робота з зображеннями	Вірогідність псевдо позитивного результату	Травмування молочної залози	Дефект зображення та потреба повторного знімка
1	Аналогова (Плівкові)	-	-	-	-	+
2	Цифрові	-	+	-	-	-
3	Скринінгові	+	+	+	+	-
4	З томосинтезом	+	+	-	+	+

Із всіх перерахованих методів та засобів діагностики (табл. 1.1 та 1.3) найкращим на сьогоднішній день є цифровий мамограф. На теперішній момент такий апарат є найпоширеніший в діагностичних кабінетах України при дослідженні раку молочної залози.

1.6. Класифікація і склад рентгенівських мамографічних апаратів з цифровою реєстрацією зображення

Класифікація і склад рентгенівських мамографів поділяється [24]:

1. В даний час у світовій практиці відомі цифрові мамографічні рентгенівські апарати, що використовують такі методи перетворення рентгенівського зображення в електричний сигнал і цифрове зображення:

- цифрові мамографічні рентгенівські апарати з детектором прямого перетворення, що використовують плоскопанельний цифровий матричний детектор;

- цифрові мамографічні рентгенівські апарати з детектором непрямого перетворення, що використовують плоскопанельний цифровий матричний детектор на основі комбінації сцинцілятора і напівпровідникового матричного перетворювача;

- цифрові мамографічні рентгенівські апарати на основі скануючої лінійки матричних детекторів (непрямого перетворення);

- цифрові мамографічні рентгенівські апарати, що використовують ЦПРВ на основі комбінації вхідного рентгенівського екрану, вузла оптичного перенесення зображення (наприклад, об'єктива) і перетворювача світло-сигнал (наприклад, на основі ПЗС-матриць);

- мамографічні рентгенівські апарати з цифровими приймачами зображення на основі запам'ятовуючих фотостимулюючих люмінофорів (CR-рентгенографія).

2. За конструктивним виконанням цифрові мамографічні рентгенівські апарати підрозділяються:

- мамографічні рентгенівські апарати зі знімальним штативом С-подібної форми, що переміщається по вертикальній стійці;

- мамографічні рентгенівські апарати з кільцеподібним змінним знімальним штативом, що переміщається по вертикальній стійці;

- мамографічні рентгенівські апарати з горизонтальним штативом у вигляді столу, що забезпечує горизонтальну позицію пацієнта при рентгенівській експозиції та взяття біопсійної проби.

3. По ще більше функцій взяття біопсії мамографічні рентгенівські апарати підрозділяються:

- на мамографічні рентгенівські апарати з ручним взяттям голкових біопсійних проб;

- мамографічні рентгенівські апарати з інтерактивним автоматизованим наведенням біопсійної голки і взяттям біопсійної проби за допомогою спеціальної стереотаксической приставки.

4. Склад цифрового мамографічного рентгенівського апарату визначається принципом роботи ЦПРВ, а також варіантом конструктивного виконання штатива мамографічного рентгенівського апарату і його додатковими можливостями.

У всіх випадках основними складовими частинами мамографічного рентгенівського апарату є:

- ЦПРВ;
- рентгенівський випромінювач з фільтрами рентгенівського випромінювання, пристроєм формування пучка і світловим показником поля опромінення;
- рентгенівський пристрій живлення (РПЖ);
- штатив для кріплення рентгенівського випромінювача, ЦПРВ і пристрої компресії молочної залози;
- рентгенозахистна ширма;
- АРМ рентген-лаборанта, АРМ лікаря, або поєднане АРМ;
- СПО для АРМ рентген-лаборанта і АРМ лікаря;
- додаткове обладнання, пов'язане з варіантом побудови ЦПРВ і конструктивними особливостями побудови штатива.

На основі аналізу літературних джерел, класифікації та об'єктів мною запропонована наступна схема класифікацій засобів мамографії - цифрових мамографів (рис. 1.12).

Розроблена класифікація наведена в Додатку 4 креслення ДППБ-п72. 1702.002СХ.

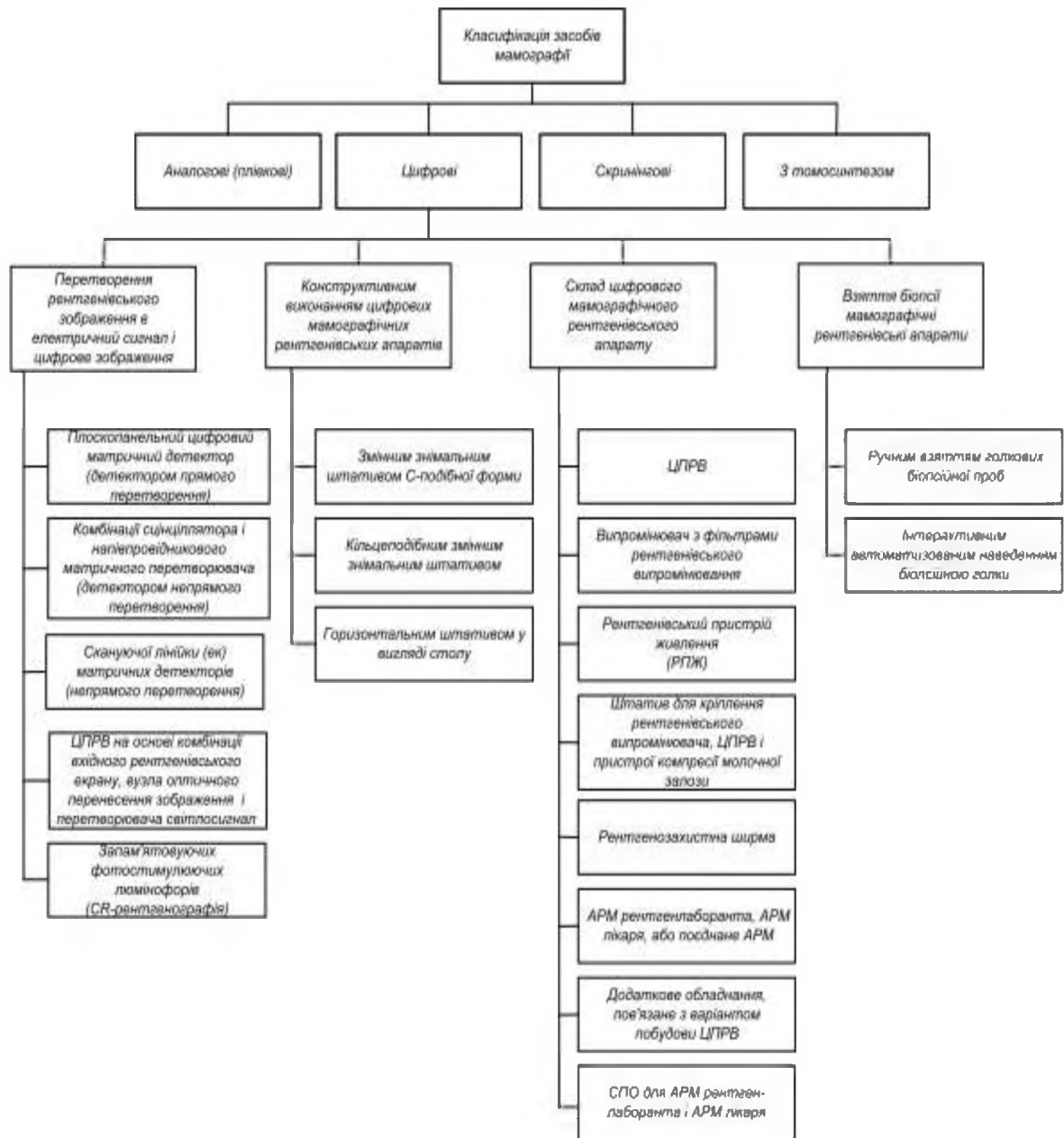


Рисунок 1.12. Класифікація засобів мамографії - цифрових мамографів

1.7. Розробка способів автоматизації діагностики РМЗ

1.7.1. Розробка конструкції цифрового мамографа

Для можливості покращення роботи цифрового мамографа необхідно розуміти, з яких частин складається апарат [25].

За основу конструкції взятий цифровий мамограф – Цифровий мамографічний комплекс СИМА (SYMA) (РК-МТ-7№013036). Такий цифровий мамограф (рис. 1.13) в Додатку 5 та показано на складальному кресленні ДППБ-п72.1702.003.

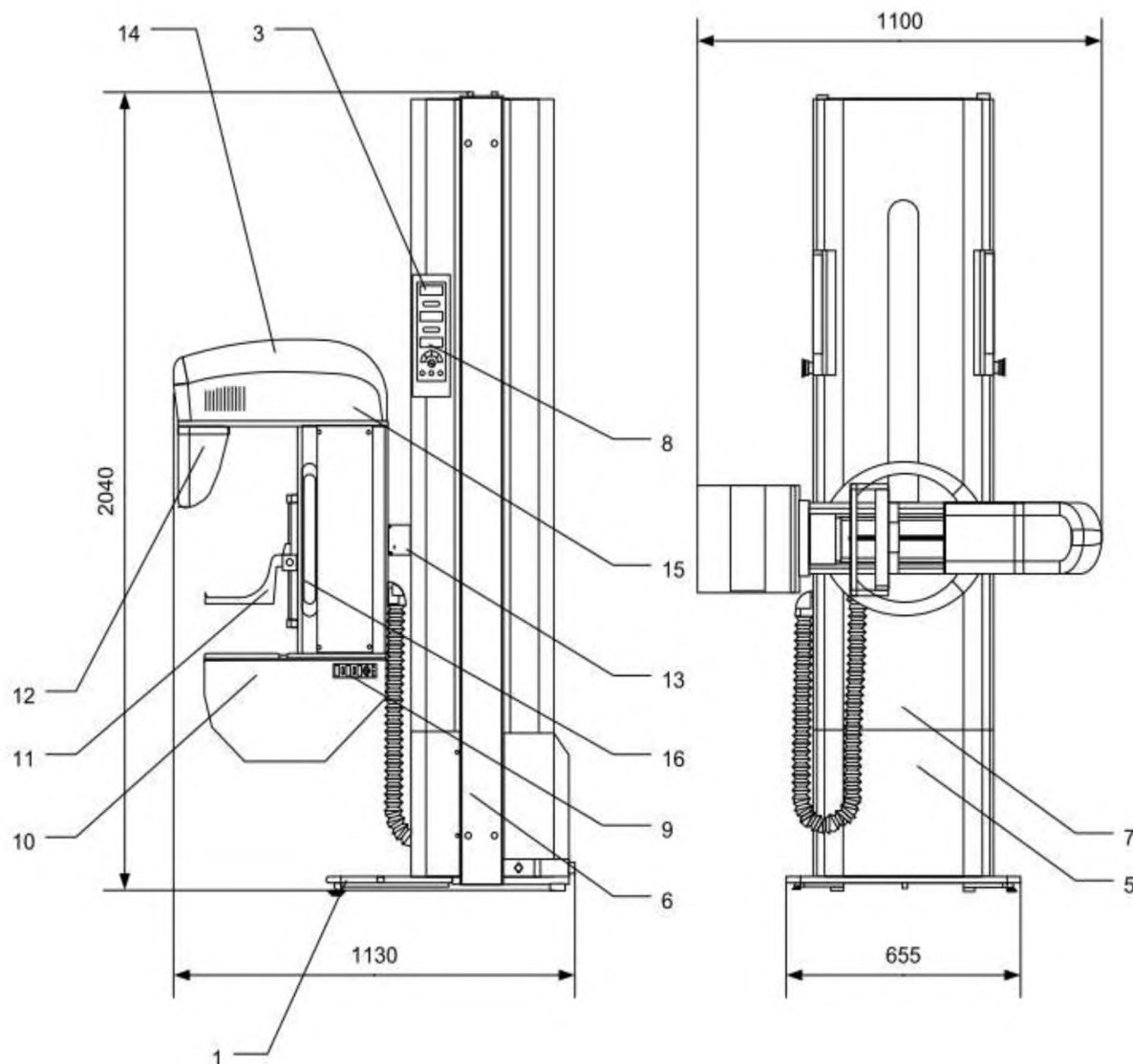


Рисунок 1.13. Цифровий мамограф

1 – Платформа, 2 - Педалі ногового управління, 3 - Адаптер комп'ютерної регенерації, 4 – Дисплей, 5 - Стаціонарна колона, 6 – Колона, 7 - Телескопічна колона, 8 - Основна панель управління, 9 - Панель управління поворотним кронштейном, 10 – Решітка, 11 - Компресійна плата, 12 - Щиток для підборіддя, 13 - Поворотний кронштейн, 14 – Моноблок, 15 - Кришка корпусу, 16 – Поручні, 17 - Корпус

1.7.2. Розробка структурно-функціональної схеми цифрового мамографа з екраном електронно-оптичного перетворювача (ЕОП)

Принцип роботи цифрового мамографа в моєму дипломному проєкті показано за допомогою функціональної схеми (рис. 1.4) Додаток 6 та показано на кресленні ДППБ-п72.1702.004СХ.

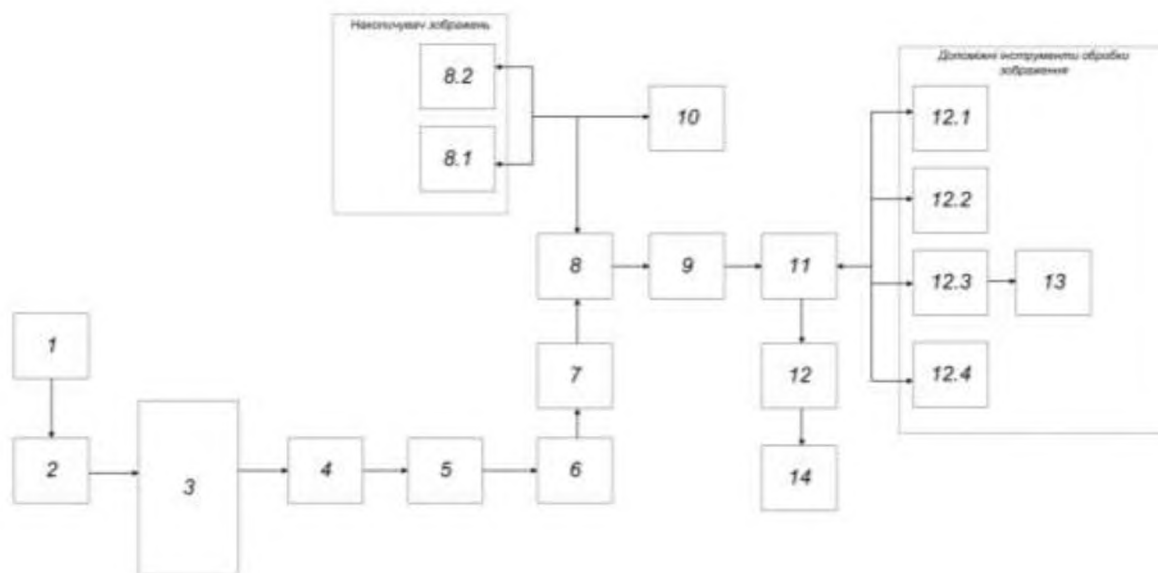


Рисунок 1.14. Функціональна схема цифрового мамографа з екраном електронно-оптичного перетворювача (ЕОП)

Система для цифрового мамографа складається з таких основних блоків:

- 1 – генератор
- 2 – рентгенівська трубка
- 3 – біологічний об'єкт (БО)
- 4 - електронно-оптичного перетворювача (ЕОП)
- 5 – відеокамера
- 6 - аналого-цифровий перетворювач (АЦП)
- 7 – реєстрація зображення
- 8 – центральний сервіс
- 8.1 – накопичувач
- 8.2 – база даних
- 9 – відеопроцесор
- 10 – мережа
- 11 - аналого-цифровий перетворювач (АЦП)
- 12 – монітор для видачі зображення
- 12.1 - системи архівації і передачі зображень (PACS)

12.2 - засіб діагностики автоматизованого проектування (CAD)

12.3 - принтери

12.4 - інформаційна система радіології (RIS)

13 - інформаційна система лікарні (HIS)

14 - знімок

Вихідний сигнал генератора (1) надходить на вхід рентгенівської трубки (2), що в свою чергу генерує рентгенівське випромінення на біологічний об'єкт (3), в нашому випадку - молочна залоза. Випромінення що пройшло фіксується електронно-оптичного перетворювачем (4) і передає цифровий сигнал на відеокамеру (5) та транслює в аналого-цифровий перетворювач (6), що трансформується в набір цифрових даних і передається в накопичувальний пристрій (8, 8.1, 8.2).

Потім ці дані, відповідно до обраних дослідником параметрами, комп'ютерний пристрій переводить у видиме зображення (9, 11) що представляє на моніторі (12) при цьому можна скористатися допоміжними інструментами для обробки зображення (12.1, 12.2, 12.3, 12.4, 13). Для демонстрації рентгенівського знімка спеціаліста його можна передати по мережі (10) або зробити знімок на плівку (14).

1.7.3. Медико-технічних характеристик рентгенівського мамографічного апарата з цифровою реєстрацією зображення

Побудова цифрового мамографа була розділена на основні 15 характеристик (табл. 1.4)

Таблиця 1.4

Характеристик рентгенівського мамографічного апарата з цифровою реєстрацією зображення [26].

Характеристика (параметр)	Значення
1 Варіант побудови цифрового мамографічного рентгенівського апарату: Мамограф зі снімочним штативом С-подібної форми з цифровим матричним плоскопанельним детектором непрямого перетворення і пристроєм для стереотаксичної біопсії	
2 ЦПРВ	

Продовження Табл. 1.4

Характеристика (параметр)		Значення
- метод перетворення рентгенівського зображення в електричний сигнал і цифрове зображення		Непряме перетворення
- матеріал детектора		Аморфний кремній (a-Si) + сцинтилятор CsI
- розмір робочого поля, мм * мм, не менше		170×235
- розмір пікселя, мкм, не більше		85
- просторову роздільну здатність, пар лін. / мм, не менше		5,8
- число пікселів по вертикалі і горизонталі, шт., не менше		2000×2764
- контрастна чутливість при дозі в площині ЦПРВ 0,1 мГр,%, не більше		1,7
- геометричні спотворення,%, не більше		2
- нерівномірність яскравості сигналу,%, не більше		10
- квантова ефективність реєстрації (DQE) на біля нульової просторової частоті 0,5 мм-1 при дозі в площині ЦПРВ 0,1 мГр,%, не менше		60
- розрядність АЦП, біт, не менше		14
- параметри відсіває растра, лін. / см, відношення, не менше		36, 6:1
3 Рентгенівський випромінювач з пристроєм формування пучка і додатковими фільтрами рентгенівського випромінювання		
- основний матеріал анода рентгенівської трубки		Вольфрам / молібден
- швидкість обертання анода, об. / хв, не менше		2700
- розмір фокусів рентгенівської трубки, мм, не більше	Великий	0,3×03
	Малий	0,1×0,1
- параметри рентгенівської трубки для великого фокуса	номінальна вхідна електрична потужність, кВт, не менше	3,0
	максимальне значення анодного напруги, кВ, не менше	40
	максимальне значення анодного струму (при 30 кВ), мА, не менше	100
	теплоємність анода або тобто / кДж, не менше	300 тис./220
- параметри рентгенівської трубки для малого фокуса	номінальна вхідна електрична потужність, кВт, не менше	0,7
	максимальне значення анодного напруги, кВ, не менше	40
	максимальне значення анодного струму (при 30 кВ), мА, не менше	25
- фільтри рентгенівського випромінювання, спосіб їх заміни		50 мкм Rh, ручний
- метод світлової індикації покажчика поля опромінення		Галогенні лампи, або лазерний поля опромінення
- можливість проведення прицільних знімків		

Продовження Табл. 1.4

Характеристика (параметр)		Значення
- розмір зони прицільних знімків, мм, не менше		50×50
4 РПЖ		
- номінальна електрична потужність (при 30 кВ, 100 мА, 1 с), кВт, не менше		3,0
- межі зміни анодної напруги, кВ, не менше		23-35
- крок зміни анодної напруги, кВ, не менше		1,0
- рентгенекспоніметр		
- забезпечення автоматичного регулювання дози опромінення		Забезпечення
- максимальний анодний струм, який забезпечувався РПЖ, мА, не менше		100
- діапазон зміни кількості електрики (твір ток-час) для кожного з фокусів мА · с, не менше	великий фокус	2-500
	малий фокус	2-140
- спосіб установки умов експозиції (кВ, мА · с)		кВ ручний, автоматичний по регулюванню мА · с і повністю автоматичної
- індикація несправності в разі збою знімка		
5 Знімочний штатив		
- конструктивне виконання знімочного штатива		З-образний з вертикальною стійкою
- фокусна відстань, мм, не менше		650
- можливість зміни фокусної відстані		
- діапазон вертикального переміщення штатива від рівня підлоги, мм, не менше		700-1500
- спосіб вертикального переміщення штатива		Електропривод
- діапазон повороту штатива у вертикальній площині, градус, не менше		±90
- спосіб повороту штатива (ручний, електропривод)		Ручний
- діапазон зусилля компресії молочної залози в режимі електроприводу, Н, не більше		0-200
- діапазон зусилля компресії молочної залози в ручному режимі, Н, не більше		0-300
- індикація зусилля компресії і її похибка, Н, не більше		±20
- коефіцієнт геометричного збільшення, крат, не менше		1,8
- можливість роботи з приставкою для стереотаксичної біопсії		
6 Рентгенозахистна ширма		
- розмір рентгенозахистна області ширми, см, не менше		185×60
- свинцевий еквівалент по ослабленню рентгенівського випромінювання, мм Pb, не менше		0,08
7 Приставка для стереотаксичної біопсії		
- обсяг стереотаксической біопсії (координати x, y, z), мм, не менше		50×40×90
- точність наведення голки для взяття біопсійною проби по осях x, y, z, мм, не гірше		±1
- кути повороту штатива при стереотаксис, градус		±15
- можливість проведення латеральної біопсії при горизонтальному положенні С-образного штатива з вертикальною стійкою		Ні

Продовження Табл. 1.4

Характеристика (параметр)		Значення
8 АРМ рентген-лаборанта з монітором для візуалізації зображень		
- системний блок	тактова частота процесора, ГГц, не менше	2,0
	ємність ОЗУ, Гбайт, не менше	1,0
	місткість жорсткого диска, Гбайт, не менше	1,0
- монітор	Тип	LCD
	розмір екрану, дюйм, не менше	19
	розмір матриці (дозвіл), піксель, не менше	1600×1200
- операційна система		Windows 7 або вище
- час затримки виведення зображення для попереднього перегляду після експозиції, с, не більше		10
- мінімальний час між двома експозиціями, с, не більше		30
8.1 АРМ лікаря з медичних монітором для візуалізації зображень		
- системний блок	тактова частота процесора, ГГц, не менше	2,0
	ємність ОЗУ, Гбайт, не менше	2,0
	місткість жорсткого диска, Гбайт, не менше	1,5
- монітор	розмір екрану, дюйм, не менше	19
	максимальна яскравість екрану (дозвіл), кд / м ² , не менше	1000
	розмір матриці (дозвіл), піксель, не менше	2560×2048
	контраст (відношення "біле / чорне"), не менше	800:1
- операційна система		Windows 7 або вище
- кількість знімків, які можна на жорсткому диску, шт., не менше		30000
- зовнішній накопичувач для створення електронної копії бази даних і його обсяг, Тбайт, не менше		4,0
- пристрій для отримання твердих копій зображень і його тип		Термопринтер
- характеристики пристрою для отримання твердих копій зображень		- формат 8×10 дюйм (202×253 мм)
		- дозвіл не менше 500 точок на дюйм
		- оптична щільність 0,24-3,60
		- листова термопапір
- офісний лазерний принтер для друку висновків і звітів		
9 СПО для АРМ		

Продовження Табл. 1.4

Характеристика (параметр)		Значення
9.1 Управління режимами роботи цифрового мамографічного рентгенівського апарату і його компонентів, в тому числі, приставкою для стереотаксичної біопсії (при її наявності)		
9.2 Автоматизований інтерактивний розрахунок ефективної дози опромінення пацієнта на підставі МУ 2.6.1.2944		
9.3 Ведення бази даних пацієнтів і результатів їх обстежень з внесенням в неї значень поглиненої дози, отриманої пацієнтом за кожен знімок і за все обстеження		
9.4 Візуалізація знімків обраного пацієнта з наступними можливостями обробки зображення		
- автоматична нормалізація яскравості і контрасту спостережуваного на екрані зображення		
- зміни яскравості і контрасту всього зображення		
- зміна масштабу всього зображення		
- інвертування (позитив / негатив) всього зображення		
- проведення на зображенні вимірювань (розмір, площа, кути, відносна щільність, середнє значення яскравості, середньоквадратичне відхилення та ін.) (Для АРМ лікаря)		
9.5 Проведення автоматичного аналізу зображень з метою виявлення і візуального виділення осередків можливих патологій (мікрокальцинати, ущільнення) (для АРМ лікаря)		
9.6 Формування зображень і супровідних даних в форматі DICOM для передачі їх на друк і зовнішнім споживачам		DICOM 3.0
9.7 Формування висновків за результатами обстеження пацієнтів з використанням шаблонів (для АРМ лікаря)		
9.8 Складання стандартизованих статистичних звітів і довідок про проведені на апарати мамографічних дослідженнях (для АРМ лікаря)		
10 Додаткове обладнання		
- заповнюється відповідно до варіанта побудови цифрового мамографічного апарату і потребами замовника (ЛПУ)		-
11 Маса, кг		*
12 Габаритні розміри, мм		*
13 Характеристики електроживлення		
- напруга живлення, В		220±10%
- частота, Гц		50
- споживана потужність, кВА, не менше	5,0	0,5
	0,5	1,5
14 Гарантійний термін експлуатації, років, не менше		1,5
15 Нормативний термін експлуатації, років, не менше		6

1.7.4. Шляхи модернізації та покращення роботи цифрового мамографа

При розробці та модернізації цифрового мамографа проведений аналітичний патентний пошук технічних рішень в подібних засобах діагностики (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Патентний пошук. Узагальнена характеристика патентів

№	Загальні відомості		Опис	
			Оригінал	Переклад
1	Назва	Мамографічний спосіб і пристрій для генерації цифрового томосінтетического тривимірного зображення	The above object is achieved in accordance with the invention by a method for the generation of a digital tomosynthetic 3D X-ray image of an examined object, using an X-ray tube and a digital X-ray detector, wherein a number of individual images with different projection angles relative to the normal of the patient examination are obtained by moving the X-ray tube, and the images are merged to create a tomosynthetic 3D X-ray image. When the X-ray tube is in a starting position it is operated with a dose that is smaller than the dose used to make the individual images, in order to produce at least one preliminary image, which is then evaluated to determine the radiographic parameters required for the subsequent individual images. This procedure ensures a correct exposure when making a digital tomosynthetic X-ray image [27].	Вищевказаний об'єкт досягається у відповідності з винаходом способом генерації цифрового томосинтетического 3D-рентгенівського зображення обстежуваного об'єкта, використовуючи рентгенівську трубку та цифровий рентгенівський детектор, де ряд окремих зображень з різними кутами проекції відносно норми обстеження пацієнта отримують шляхом переміщення рентгенівської трубки, а зображення об'єднують для створення томосинтетического 3D-рентгенівського зображення. Коли рентгенівська трубка знаходиться у вихідному положенні, її оперують дозою, меншою за дозу, яку використовують для створення окремих знімків, щоб створити щонайменше одне попереднє зображення, яке потім оцінюється для визначення необхідних рентгенографічних параметрів для наступних окремих зображень. Ця процедура забезпечує правильну експозицію при створенні цифрового томосинтетического рентгенівського зображення [27].
	Номер патента	US7463713B2		
	Країна	США		
	Рік подачі	2005		
2	Назва	Методи і апаратура для комп'ютерної автоматизованої діагностики мамограм	Aspect of the present invention relates to computer systems and methods for automated identification of diagnostically significant features, such as microcalcifications and masses, on film based or digital mammograms. Include accurately determining if apparent clusters and focal densities on 2-D views are concordant or discordant in three dimensional space, specification of the location, of concordant lesions, in three dimensional space, by clock notation and distance from the nipple, and the assigning of a BIRADS classification to the mammographic or mammogram study as discussed further herein.	Аспект цього винаходу стосується комп'ютерних систем та способів автоматизованої ідентифікації діагностично значущих ознак, таких як мікрокальцифікація та маси, на плівкових або цифрових мамограмах. Включить точне визначення, чи є видимі кластери та фокусні щільності на двовимірних видах співзвучні чи розбіжні у тривимірному просторі, конкретизація місця розташування, супутні ураження, у тривимірному просторі, за позначенням годинника та відстані від соска та призначенням класифікацію BIRADS до мамографічного або мамографічного дослідження, як обговорювалося далі. Даний винахід включає способи, процедури, системи, оптичні та магнітні носії для автоматизованої комп'ютерної діагностики скринінгу та діагностичної мамографії, особливо для допомоги лікаря в
	Номер патента	US7865002B2		
	Країна	США		
	Рік подачі	2007		

№	Загальні відомості		Опис	
			Оригінал	Переклад
			The present invention comprises methods, procedures, systems, optical and magnetic media for computer automated diagnosis of screening and diagnostic mammography, especially to aid the physician in interpreting the mammogram and for application as an automated second read. Information from two mammographic or mammography views, such as cranio-caudal (CC) and medio-lateral oblique (MLO) or alternatively, cranio-caudal and medio-lateral (ML) [28].	інтерпретації мамографії та для застосування як автоматизованого другого читання. Інформація з двох мамографічних чи мамографічних поглядів, таких як краніо-каудальний (СК) та середньо-бічний косий (МЛО) або альтернативно, краніо-каудальний та середньо-бічний (МЛ) [28].
3	Назва	Рентгенограма молочної залози у вертикальному положенні за допомогою режиму ct, декількох режимів томосинтезу і режиму мамографії	This patent specification relates to X-ray imaging of the breast, and more specifically, to CT mode, one or more tomosynthesis modes (e.g., narrow-angle mammography and wideand a system for selectively imaging a breast of an upright patient in at least one of a mammography mode, a mammography mode, and a mammography mode. Preferably, the system is integrated such that the equipment can be used for any one or more of these shooting modes. The patient can stand, as is typical for mammography and tomographic imaging, rather than lying down as in conventional CT. In the CT mode, the x-ray beam to be taken passes only through the breast without passing through the patient's chest, as is the case when a conventional CT system is used to photograph the breast [29].	Цей патентний опис стосується рентгенографії грудей, а точніше, до режиму КТ, одного або декількох режимів томосинтезу (наприклад, вузькувугольна мамографія та широка та система для селективного зображення грудей вертикально пацієнта щонайменше в одній режиму мамографії, режиму мамографії та режиму мамографії. Переважно, система інтегрована таким чином, щоб обладнання можна було використовувати для будь-якого одного або декількох із цих режимів зйомки. Пацієнт може стояти, як це характерно для мамографії та томографічних зображень, а не лежачи, як у звичайній КТ. У режимі КТ рентгенівський промінь, який потрібно взяти, проходить лише через груди, не проходячи через груди пацієнта, як це має місце, коли для фотографування грудей використовується звичайна система КТ [29].
	Номер патента	KR101836549B1		
	Країна	Південна Корея		
	Рік подачі	2019		
4	Назва	Спосіб комплексної діагностики та терапії захворювання молочної залози	В основу корисної моделі поставлена задача забезпечення суттєвого підвищення ефективності і надійності безконтактного контролю за процесом діагностики та терапії молочної залози. Поставлена задача вирішується тим, що у способі комплексної діагностики та терапії захворювання молочної залози, що включає комбіноване лікування з оцінкою індивідуальної чутливості до лікувальної та променевої терапії з визначенням розмірів пухлини до і після проведеного лікування і індивідуалізації плану лікування з врахуванням виявленої чутливості, а визначення розміру пухлини проводять ехографічним методом з врахуванням і оцінкою контурів та підвищенні ехогенності пухлини і при зменшенні розміру, зміні контурів та підвищенні ехогенності враховують, що пухлина чутлива до даного [30].	
	Номер патента	UA131826U		
	Країна	Україна		
	Рік подачі	2019		

1.7.5. Модернізація цифрового мамографа

В основу модернізації поставлена задача розширення функціональних можливостей шляхом автоматизації контролю параметрів з підвищенням безпечності процедури променевого опромінення при діагностиці та терапії молочної залози.

Новий спосіб автоматизованої діагностики РМЗ, що включає визначення розміру пухлини проводять ехографічним методом з врахуванням і оцінкою контурів та ехогенності пухлини і при зменшенні розміру. Зміни контурів та підвищення ехогенності враховувати, що пухлина чутлива до даного методу терапії при цьому діагностику з визначенням розмірів пухлини, чутливості, ехогенності та ефективності терапії проводять з заміром температур та їх градієнтів на поверхні молочної залози та в зоні пухлини [31].

Уточнюючу діагностику та контроль проводять у встановленій зоні пухлини безконтактним термографічним методом, шляхом заміру температур зони контура враження та приграничних меж, при цьому вимірюють значення доз опромінення під час проведення променевої діагностики в залежності від оцінки індивідуальної чутливості корегують ці значення [32, 33]. (підготовка заявки на патент України)

1.7.5.1. Термографічний метод ранньої діагностики РМЗ

Тепловізійна система діагностики (ТСД) в медичних цілях можна використовувати в вигляді, як ручних моделей так і стаціонарних. При виборі моделі важливими є два основні чинники: розмір і чутливість термодетектора [34].

ТСД активно використовують для діагностики патології судин. При порушенні артеріального кровообігу (ангіоспазм, звуження або практично повний стеноз судини) визначається зона гіпотермії, яка за показниками зони дослідження, формою і розмірами відповідає області зниження кровотоку. При патології венозних судин, навпаки, зазвичай виявляють зони гіпертермії [34, 35].

Зокрема, цей метод діагностики може використовуватись при вирішенні наступних завдань [36]:

- визначення патологічних змін в організмі людини;
- діагностики ймовірних новоутворень;
- спостереження за ефективністю процесу лікування і реабілітації пацієнта.

Суть методу полягає в тому, що при проведенні термографії визначається теплова картина всіх частин тіла пацієнта. При цьому, в нормі більш висока температура реєструється в зоні великих кровоносних судин.

У випадку реєстрації відхилень від нормального розподілу температур, що спостерігаються у пацієнтів при діагностиці, можливо робити і висновки про наявність патологічних змін в організмі людини [36].

Тому цей метод запропонований як один із елементів системи автоматизації діагностики РМЗ.

1.7.5.2. Розробка структурно-функціональної схеми системи автоматизованої діагностики стану молочної залози

Принцип роботи системи автоматизації діагностики стану МЗ в цьому дипломному проекті показано а допомогою функціональної схеми (рис. 1.5) Додаток 7 та показано на кресленні ДППБ-п72.1702.005СХ.

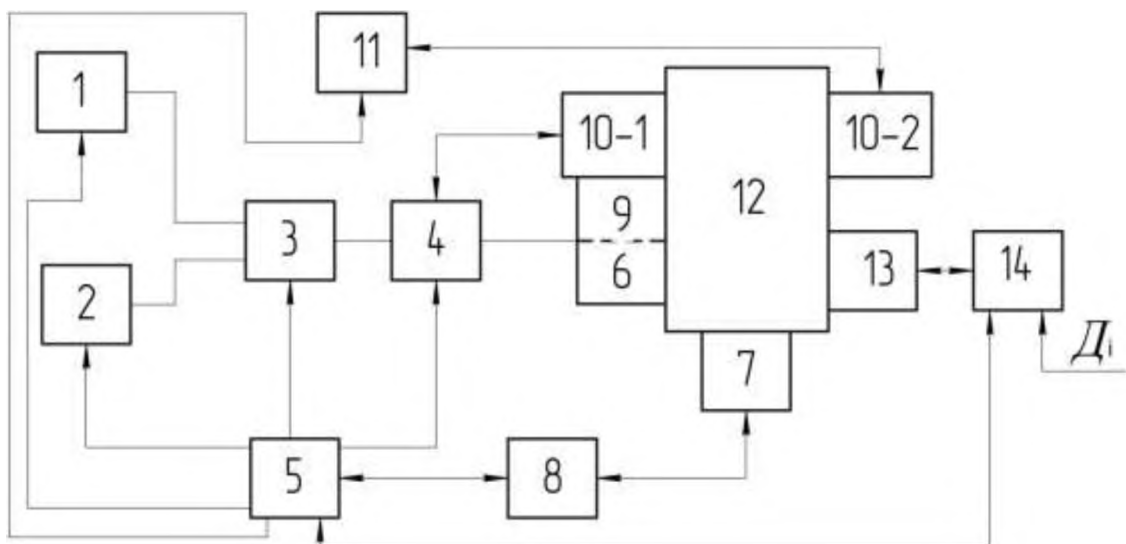


Рисунок 1.15. Функціональна схема системи автоматизованої діагностики РМЗ

Система для автоматизованої діагностики РМЗ складається з таких основних блоків:

- 1 – високочастотний генератор;
- 2 – низькочастотний генератор;
- 3 – модулятор;
- 4 – підсилювач потужності;
- 5 – блок керування;
- 6 – ультразвуковий випромінювач;
- 7 – датчик температур;
- 8 – блок температурного контролю;
- 9 – датчик ультразвукового дослідження;
- 10 – система променевої діагностики;
- 11 – монітор;
- 12 – досліджуєми об'єкт (молочна залоза);
- 13 – автоматизований фотоекспонетр;
- 14 – блок контролю дози.

Високочастотний генератор (1) необхідний для генерації n - імпульсів несучої частоти (110 кГц), що відповідає резонансній частоті випромінювача. З виходу високочастотного генератора (1) коливання ультразвукової частоти поступають на вхід модулятора (3). Низькочастотний генератор (2) (частота дорівнює 100 Гц.) призначений для формування пачок високочастотних імпульсів. Вихідний сигнал даного генератора (2) також надходить на вхід модулятора (3).

У модуляторі (3) відбувається модуляція сигналу високої частоти (100 кГц.) сигналом низької частоти (100 Гц.) і на виході модулятора можна спостерігати імпульси низької частоти з високочастотним заповненням. З модулятора (3) сигнал надходить на вхід підсилювача потужності (4), в якому він посилюється до необхідного значення. З виходу підсилювача (4)

сигнал надходить на вхід ультразвукового випромінювача (6), який щільно прилягає до досліджуваного об'єкту (12), в нас це молочна залоза.

Блок керування (5) подає сигнал на всі блоки, а саме на високочастотний генератор (1), низькочастотний генератор (2), модулятор (3), підсилювач потужності (4), блок температурного контролю (8). Сигнал з датчик температур (7), який розташований на поверхні досліджуваного об'єкта (12) – це молочна залоза і відбувається замір температури на поверхні молочної залози та в зоні пухлини надходить в блок температурного контролю (8). Потім виміряні дані подаються на блок керування (5), а звіди поступають на монітор.

Датчиком ультразвукового дослідження (9) ми проводимо діагностику ехогенності і індивідуальної чутливості до лікувальної та променевої терапії з визначенням розмірів і контурів пухлини до і після проведеного лікування. Потім всі дані пере перевіряються через систему променевої діагностики (10), в складі променевого випромінювача (10-1) та приймача тіньового зображення (10-2) подаються на монітор (11).

Для забезпечення мінімально можливих доз опромінення впроваджується контроль значення дози D_i опромінення і для цієї цілі використовується автоматизований фотоекспонетр (13). Виміряні значення дози передаються в блок контролю дози (14). В цей же блок і вводять максимально допустиме значення D_{min} значення дози опромінення. Якщо виміряне значення доза D_i опромінення перевищує максимально допустиме значення D_{min} то з блоку контролю доз (14) поступає сигнал в блок керування (5) на зменшення потужності в блоці (4) та відключення променевого випромінювача (10-1). За допомогою ехографічного методу діагностики визначається індивідуальна чутливість раку молочної залози до проведеної променевої і хіміогормонотерапії і з урахуванням отриманої інформації виробляється адекватний остаточний план лікування.

Поставлена задача способу автоматизованої діагностики РМЗ досягається шляхом додаткового введення автоматизованого

фотоекспонетра (13), який в автоматизованому режимі заміряє значення доз опромінення та передає їх для порівняння в блок контролю доз(14) . У випадку перевищення допустимої дози подається сигнал на зменшення потужності опромінення та відключення випромінювача (10-1).

1.7.5.3. Обґрунтування способу автоматизації діагностики РМЗ

Спосіб здійснюється наступним чином. До початку лікування пацієнта визначається розмір пухлини в 3-х проекціях, характер контурів, ехогенність пухлини і проводяться заміри температур та їх градієнтів на поверхні молочної залози та в зоні пухлини [37, 38, 39].

Після проведеного етапу консервативного протипухлинного лікування тим чи іншим методом проводять контрольне ультразвукове дослідження молочної залози з дотриманням тих же технічних параметрів. Для наочності змін пухлини і полегшення порівняльної оцінки доцільно під час ультразвукового дослідження виробляти фіксацію зображення зокрема, цифровою фотокамерою [38, 39].

Пухлина вважається чутливою до проведеного курсу лікування даним методом за наявності таких ознак [38, 39]:

- зменшення розміру пухлини, підвищення чіткості і ехогенності;
- зміна розмірів та контурів пухлини;
- зменшення температури пухлини і градієнта температури на поверхні залози і в пухлині.

При відсутності всіх вище вказаних змін пухлина представляється резистентною.

Технічний результат виражається в можливості РМЗ з ефективною і надійною оцінкою системою додаткових параметрів – ***це заміром температур та їх градієнтів на поверхні молочної залози та в зоні пухлини.***

Чим менша різниця температур на поверхні і в зоні пухлини тим ефективніше лікування і менша вірогідність не достовірної діагностичної оцінки. При проведенні сеансів променевої діагностики вимірюється поточні

значення доз опромінення. У випадку перевищення допустимої дози променевий опромінювач відключається [37, 38, 39].

Таким чином забезпечується розширення функціональних можливостей шляхом автоматизації контролю параметрів з підвищенням безпеки процедури променевого опромінення при діагностиці РМЗ.

1.8. Розрахунок параметрів цифрового маммографа

1.8.1. Розрахунок експозиційної дози

Методика розрахунку експозиційної дози в одиницях виміру Р (Рентген) базується на співвідношенні заряду в 1Кл/кг, що еквівалентно 3880Р в повітрі. Для сухого повітря ця закономірність розраховується з співвідношення 1Кл/кг = 3880Р [40].

Доза у Кл/кг характеризує ступінь іонізації повітряного простору фотонами рентгенівської трубки в напрямку розповсюдження та залежить від параметрів експозиції [40].

Анодна напруга та струм пропорційні до експозиції знімку, тому їх можна визначити за допомогою пропорційних співвідношень [40].

Доза випромінювання розраховується по формулі (1.1):

$$D(mP) = \frac{\text{експозиція } A \cdot c}{3880} \quad (1.1)$$

Розрахуємо дозу випромінювання на 4, 8, 12 мАс для молочної залози на відстані 10 і 20 см [40]. Перед початок розрахунку ознайомила з початковими даними (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Початкові дані режимів роботи апарату

Експозиція, мАс	Ua, кВ	Ia, мА	D, мР
4	75	4	0,001
8			0,002
12		8	0,003

Експозиційна доза D_0 випромінювання [40] розраховується по формулі (1.2 та 1.3):

$$D_0 = D_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} \quad (1.2)$$

$$D_0 = k \cdot I \cdot U^2 \cdot z, \quad (1.3)$$

де U, I -напруга і сила струму в рентгенівській трубці,

k -коефіцієнт пропорційності ($k=10^{-9} \text{ В}^{-1}$),

z -порядковий номер атома речовини анода (для вольфрама $z=74$),

μ -масовий коефіцієнт послаблення.

Для молочної залози приймаємо значення коефіцієнта $\mu=20$.

1. Розрахуємо значення при експозиції 4 мАс [40]:

$$D_0 = k \cdot I \cdot U^2 \cdot z = 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot (75 \cdot 10^3)^2 \cdot 74 = 1,665 \text{ мР}$$

$$D_0(0,1) = D_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} = 1,665 \cdot e^{-10 \cdot 0.1} = 0,225 \text{ мР}$$

$$D_0(0,2) = D_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} = 1,665 \cdot e^{-20 \cdot 0.2} = 0,03 \text{ мР}$$

2. Розрахуємо значення при експозиції 8 мАс [40]:

$$D_0 = k \cdot I \cdot U^2 \cdot z = 10^{-9} \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot (75 \cdot 10^3)^2 \cdot 74 = 3,33 \text{ мР}$$

$$D_0(0,1) = D_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} = 3,33 \cdot e^{-10 \cdot 0.1} = 0,45 \text{ мР}$$

$$D_0(0,2) = D_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} = 3,33 \cdot e^{-20 \cdot 0.2} = 0,061 \text{ мР}$$

2. Розрахуємо значення при експозиції 12 мАс [40]:

$$D_0 = k \cdot I \cdot U^2 \cdot z = 10^{-9} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot (75 \cdot 10^3)^2 \cdot 74 = 5,00 \text{ мР}$$

$$D_0(0,1) = D_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} = 5,00 \cdot e^{-10 \cdot 0.1} = 0,67 \text{ мР}$$

$$D_0(0,2) = D_0 \cdot e^{-\mu \cdot x} = 5,00 \cdot e^{-20 \cdot 0.2} = 0,11 \text{ мР}$$

Підведемо результати обчислень (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Результати обчислення

Експозиційна доза, мР	D(x), Р	Відстань x, м	
		X1	X2
		0,1	0,2
0,001	D1	0,225	0,03
0,002	D2		
0,003	D3	0,45	0,06

1.8.2. Розрахунок електричної схеми

Електрична схема представлена (рис. 1.16) у Додатку 8 та представлено на креслені ДППБ-п72.1702.006СХ. Самі розрахунки зручно розділяти на три основні етапи [41]:

1. розрахунок головного ланцюга рентгенодіагностичного апарату по допустимому падінню напруги;
2. розрахунок регулювального автотрансформатора;
3. розрахунок високовольтного трансформатора

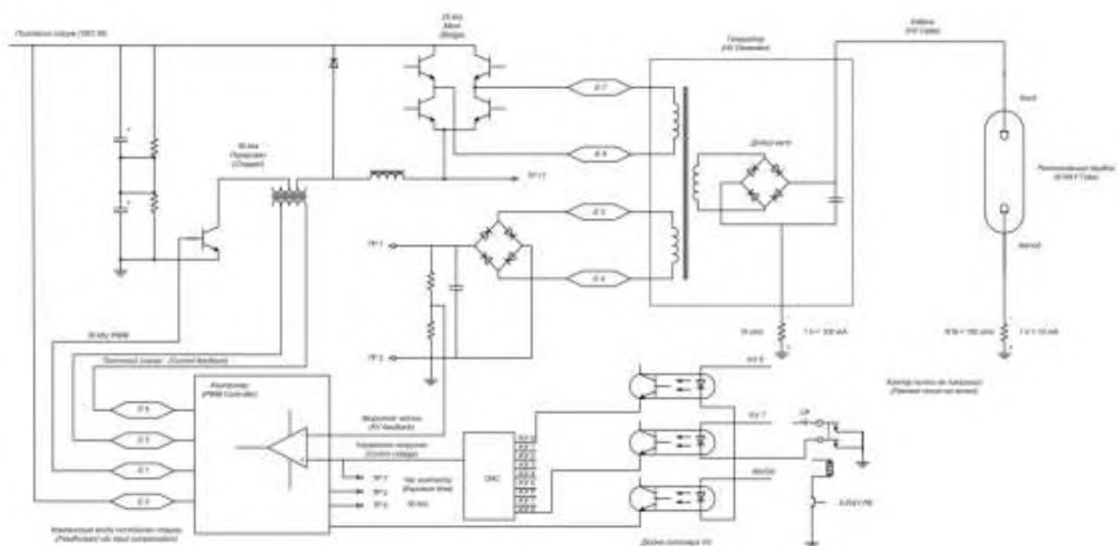


Рисунок 1.16. Схема головного ланцюга з використанням для живлення рентгенівської трубки

Розрахунок головного ланцюга є найважливішим етапом проектування рентгенодіагностичного апарату, що визначає основні електричні й конструктивні параметри елементів ланцюга [41].

Розрахуємо типову схему головного ланцюга приладу [41] та основні параметри головного ланцюга (табл. 1.8).

Таблиця 1.8

Параметри схеми головного ланцюга

Вихідний параметр	Значення
U (кВ)	75
I (мА)	4
t (сек)	1
Опір відкритого діода r_v (Ом)	0,4
Опір обмотки r_2 (Ом)	14
Коефіцієнт трифазної схеми K_m	1,07
Коефіцієнт потужності K_p	0.74
Вугільно-графітова шітка $R_K = r_{at}$ (Ом)	0,02
K_a	2
Коефіцієнт трансформатора K_T (кВт)	8
Довжина витка l (м)	0,02
число витків первинної обмотки w_1	10

Падіння напруги на вторинній обмотці високовольтного трансформатора [41] розраховується по формулі (1.4):

$$\Delta U_{2m} = I_a K_m (2r_2 + 2r_v) = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 1.07 (2 \cdot 14 + 2 \cdot 0,4) = \quad (1.4) \\ = 0,123 \text{ В}$$

Потужність рентгенівської трубки [41] розраховується по формулі (1.5):

$$P_a = K_p U_a I_a = 0.74 \cdot 75 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 222 \text{ Вт} \quad (1.5)$$

З таблиці допустимих значень опору мережі в залежності від потужності отримаємо $r_c = 1.8$ Ом. Тоді, падіння напруги в двохпровідній лінії живлення на первинній стороні високовольтного трансформатора [41] розраховується по формулі (1.6):

$$\Delta U_{1m} = I_a K_m K_T (2r_1 + 2r_{at} + 2r_c K_a^2) \quad (1.6)$$

Напруга холостого ходу трубки вибирається на третину менше за номінальну [41], тоді коефіцієнт a буде розрахований по формулі (1.7):

$$a = \frac{U_{xx}}{U_a} = \frac{25}{75} = 0,33 \quad (1.7)$$

Загальне рівняння головного ланцюга [41] розраховується по формулі (1.8):

$$\sum \Delta U_m = 2 \cdot I_a \cdot K_m \cdot K_T \cdot (r'_2 + r'_v + r_c K_a^2 + r_{am}) \quad (1.8)$$

де

$$r'_2 = \frac{r}{K_T} = \frac{14}{8} = 1,75 \text{ Ом} \quad (1.9)$$

$$r'_v = \frac{r_v}{K_T} = \frac{0,4}{8} = 0,05 \text{ Ом} \quad (1.10)$$

Звідси

$$\begin{aligned}\Delta U_{1m} &= I_a K_m K_T (2r_1 + 2r_{at} + 2r_c K_a^2) = \\ &= 4 \cdot 10^{-3} \cdot 1.07 \cdot 8 \cdot (2 \cdot 14 + 2 \cdot 0.02 \cdot 2 \cdot 1.8 \cdot 2^2) = 1.45 \text{ В}\end{aligned}$$

Для автотрансформатора струм коротко замкнутого витка [41] розраховується по формулі (1.11):

$$I_K = \frac{U_0}{R_a + R_{\text{щ}} + R_K} \quad (1.11)$$

де R_a – опір витка,

$R_{\text{щ}}$ – опір щітки,

R_K – контактний опір,

U_0 – число вольт на виток.

Оскільки $R_a, R_{\text{щ}}, R_K$, то струм залежатиме в більший степені від контактного опору щітки. Його можна графічно визначити з залежності контактного опору від тиску [41] (рис. 1.17).

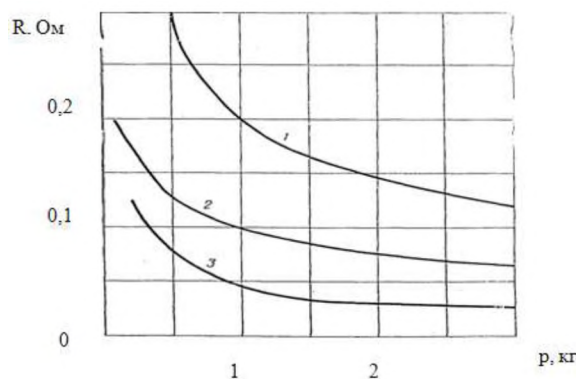


Рисунок 1.17. Залежність контактного опору від тиску:
1 - мідно-графітова щітка; 2 – електрографітова щітка; 3 – вугільно-графітова щітка [30]

Вибираємо вугільно-графітову щітку, навантаження 2 кг, отже контактний опір буде рівний $R_K = 0.02 \text{ Ом}$.

Падіння напруги на витку $U_0 = 0.00002 \text{ В}$.

Отже, струм буде розрахований по формулі (1.11):

$$I_K = \frac{U_0}{R_a + R_{\text{ш}} + R_K} \approx \frac{U_0}{R_K} = \frac{0.00002}{0.02} = 1 \text{ мА}$$

Індуктивність розсіяння [41] розраховується по формулі (1.12):

$$\begin{aligned} L &= 2 \cdot 10^{-9} \cdot l \cdot w_1^2 \cdot (K_a - 1)^2 \cdot K_a^2 \cdot K_c \cdot \ln \frac{K_a^{\frac{K_a}{K_a-1}}}{(K_a-1)^{K_a}} = \\ &= 2 \cdot 10^{-9} \cdot l \cdot w_1^2 \cdot (K_a - 1)^2 \cdot K_a^2 \cdot K_c \cdot \ln \frac{K_a^2}{(K_a-1) \cdot (K_a-1)^{K_a}} = \\ &= 2 \cdot 10^{-9} 0,02 \cdot 10^2 \cdot (2 - 1)^2 \cdot 2^2 \cdot 1 \cdot \ln \frac{2^2}{(2 - 1) \cdot (2 - 1)^2} = \\ &= 2 \cdot 10^{-9} 0,02 \cdot 100 \cdot 4 \cdot \ln 4 = 8 \cdot 10^{-9} \cdot 1,386 = 11,088 \text{ Гн} = 0,11088 \text{ мГн} \end{aligned} \quad (1.12)$$

Підведемо результати обчислень (табл. 1.9).

Таблица 1.9

Розраховані параметри електричного ланцюга

Параметр	Значення
ΔU_{1m}	1,45 В
ΔU_{2m}	0,123 В
$\sum \Delta U_m$	0,618 В
I_K	1 мА
L	0,11088 мГн
P	222 Вт

1.8.3. Розрахунок параметрів електричної схеми

Для електричних ланцюгів однофазного синусоїдального струму по заданих параметрах [42]:

- визначити струми у всіх гілках електричного кола при заданій напрузі живильної мережі промислової частоти 50 Гц;
- скласти баланс активних і реактивних потужностей;
- побудувати векторну діаграму струмів і напруг на всіх ділянках ланцюга.

Особливості розрахунку однофазних ланцюгів синусоїдального змінного струму.

Рівняння для розрахунку ланцюгів синусоїдального струму, складені за законами Кірхгофа, записуються в алгебраїчній формі з використанням комплексних чисел [42].

За першим законом Кірхгофа для діючих значень струмів, сума комплексних струмів в вузлі дорівнює нулю [42].

$$\sum_k \dot{I}_k = 0$$

Згідно з другим законом Кірхгофа, сума комплексних падінь напруг в контурі дорівнює сумі комплексних ЕРС в цьому ж контурі [42].

$$\sum_i \underline{Z}_i \dot{I}_i = \sum_m \dot{E}_m$$

Послідовність рішення

Розглянемо основні параметри розрахунків (табл. 1.10).

Параметри схеми головного ланцюга

Вихідний параметр	Значення
U (кВ)	75
I (мА)	4
L (мГн)	0,11088
ω	10
t	0,85

1. Величина елементів реактивних опорів [42] розраховується по формулі (1.13 та 1.14):

$$X_{Ln} = \omega L_n = 2\pi f L_n \quad (1.13)$$

$$X_{Ln} = 10 \cdot 0,11088 = 1,1088 \approx 1,1 \text{ Ом}$$

$$X_{Cm} = \frac{1}{\omega C_m} = \frac{1}{2\pi f C_m} \quad (1.14)$$

де C – електроємність, розраховується по формулі (1.15);

q - електричний заряд, розраховується по формулі (1.16).

$$q = t \cdot I = 0,85 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,004 \text{ Кл} \quad (1.15)$$

$$C_m = \frac{q}{U} = \frac{0,68}{4 \cdot 10^3} = 0,053 \text{ мкФ} \quad (1.16)$$

Звідси

$$X_{Cm} = \frac{1}{10 \cdot 0,00002} = 0,005 \text{ мкОм}$$

2. Діючі значення струмів [42] розраховується по формулі (1.17)

$$I_i = \sqrt{\left(\operatorname{Re} \dot{I}_i \right)^2 + \left(\operatorname{Im} \dot{I}_i \right)^2} \quad (1.17)$$

де R – опір струму, розраховується по формулі (1.18):

$$R_e = \frac{U}{I} = \frac{75 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^{-3}} = 18,75 \cdot 10^6 \text{ Ом} \quad (1.18)$$

$$I_i = \sqrt{(18,75 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^{-3})^2 + (4 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3})^2} = 75 \cdot 10^3 \text{ А}$$

3. Активна потужність (P), яка споживається елементами електричного кола [42], розраховується по формулі (1.19)

$$P = \sum_i R_i I_i^2 \quad (1.19)$$

$$P = 18,75 \cdot 10^6 \cdot (75 \cdot 10^3)^2 = 1,17 \cdot 10^{12} \text{ Вт}$$

4. Реактивна потужність (Q), споживану елементами електричного кола [42], розраховується по формулі (1.20, 1.21 та 1.22)

$$Q_L = \sum X_{L_n} I_n^2 \quad (1.20)$$

$$Q_L = 1,1 \cdot (4 \cdot 10^{-3})^2 = 1,77 \cdot 10^{-5} \text{ Вар}$$

$$Q_C = \sum_m X_{C_m} I_m^2 \quad (1.21)$$

$$Q_C = 0,005 \cdot 10^{-6} \cdot (4 \cdot 10^{-3})^2 = 8,53 \cdot 10^{-14} \text{ Вар}$$

$$Q = Q_L - Q_C \quad (1.22)$$

$$Q = 1,77 \cdot 10^{-5} - 8,53 \cdot 10^{-14} = 1,77 \cdot 10^{-5} \text{ Вар}$$

5. Повна потужність, що віддається джерелом [42], розраховується по формулі (1.23)

$$\underline{S} = \dot{U} \dot{I} \quad (1.23)$$

$$\underline{S} = 75 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 300$$

Підведемо результати обчислень (табл. 1.11).

Таблиця 1.11

Розраховані параметри електричного ланцюга

Параметр	Значення
X_{L_n}	1,1 Ом
X_{C_m}	0,053 мкОм
I_i	$75 \cdot 10^3$ А
P	$1,17 \cdot 10^{12}$ МВт
Q_L	$1,77 \cdot 10^{-5}$ Вар
Q_C	$8,53 \cdot 10^{-14}$ Вар
Q	$1,77 \cdot 10^{-5}$ Вар
\underline{S}	300

ВИСНОВКИ ДО КОНСТРУКТОРСЬКОГО РОЗДІЛУ

У конструкторському розділі проаналізовано: статистику захворюваності на рак молочної залози та методики діагностика її, з алгоритмом роботи.

Наведена класифікація методів діагностики стану молочної залози та цифрових мамографів, проаналізовано діючі системи діагностики (ДСД). Розроблена конструкція модернізованого цифрового мамографа. Запропоновано нове технічне рішення з модернізації ДСД - автоматизована система діагностики на яке готується подача заявки на Патент України.

Проведені поглиблені променевий та електричні розрахунки систем рентгенодіагностичного апарату.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Аналіз технологічності виробу

Технологічністю конструкції до складальних одиниць і приладів в цілому забезпечується найбільш швидке та економічне освоєння його виробництва, а також найбільш раціональне його виготовлення [43].

Технологічність конструкції системи автоматизації діагностики РМЗ треба розглядати як комплексне рішення задачі, що враховує вимоги технологічних процесів всіх стадій виробництва [43].

Конструкція буде технологічною, якщо вона має [43]:

- найменшу трудомісткість і найбільш короткий виробничий цикл;
- найбільшу уніфікацію й нормалізацію складальних одиниць і деталей; широку можливість використання найбільш простих і раціональних операцій, а також можливість автоматизації складання при найменшій кількості матеріалів і обладнання.

Забезпечувалась простота складання всіх деталей і складальних одиниць без пригонки та доробки, без селективної підгонки, що забезпечується [43]:

- економічно придатними допусками в розмірних, кінематичних й електричних ланцюгах;
- можливість паралельного складання, що скорочує виробничий цикл;
- можливість найбільшої диференціації складання.

Для відпрацюванні конструкції приладу на технологічність стоять такі задачі [43]:

- зниження трудомісткості виготовлення;
- використання стандартних складових частин;
- використання уніфікованих складових частин;
- використання уніфікованих елементів конструкцій деталей;
- можливість використання типових технологічних процесів.

2.1.1. Основні критерії технологічності

Одним з найважливіших елементів якості для любого виробу виробництві являється технологічність виробу. Технологічність оцінюється показниками, які називаються *критеріями*.

Проведемо розрахунки по нашій системі автоматизації діагностики РМЗ. Основні критерії [44, 45]:

1) *Критерій трудомісткості [44, 45] розраховуються по формулі (2.1):*

$$K_{TP} = \frac{T_{TP.B.}}{T_{TP.B.B.}} < 1 \quad (2.1)$$

де $T_{TP.B.}$ - трудомісткість виробу, що запускається у виробництво, дорівнює всьому циклу виготовлення;

$T_{TP.B.B.}$ - трудомісткість базового виробу, яка вибирається з групи раніш випускаємих однотипних виробів, що мають найбільший показник в кон'юктурності.

2) *Критерій собівартості [44, 45] розраховуються по формулі (2.2):*

$$K_C = \frac{C_B.}{C_{B.B.}} < 1 \quad (2.2)$$

де $C_B.$ - собівартість виробу;

$C_{B.B.}$ - собівартість базового виробу.

Ці показники придатні для виробництва, де є свої показники кожного робочого місця [44, 45].

2.1.2. Відносні показники технологічності

Вони характеризують конструктивну і технологічну складність виробу.

1) Показник конструкторської складності [44, 45] розраховується по формулі (2.3):

$$K_{\text{сЛ}} = \frac{N_{\Sigma}}{n_{\Sigma}} = \frac{17}{51} = 0,33 \quad (2.3)$$

де N_{Σ} – число всіх складальних одиниць на схемі структурного складу;

n_{Σ} – число всіх деталей в приладі, з урахуванням їх кількості.

Якщо: $K_{\text{сЛ}} < 0,1$ – погана технологічність;

$K_{\text{сЛ}} = 0,1-0,2$ - задовільна технологічність;

$K_{\text{сЛ}} > 0,2$ - хороша технологічність.

Оскільки, $0,33 > K_{\text{сЛ}} 0,2$ – хороша технологічність.

2) Показник уніфікації виробу [44, 45] розраховується по формулі (2.4):

$$K_{\text{ун}} = \frac{N_{\text{ун}} + n_{\text{ун}}}{N_{\Sigma} + n_{\Sigma}} = \frac{7 + 35}{17 + 51} = \frac{42}{68} = 0,62 \quad (2.4)$$

де $N_{\text{ун}}$ – число уніфікованих складальних одиниць на схемі структурного складу;

$n_{\text{ун}}$ – число всіх уніфікованих деталей в приладі;

N_{Σ} – число всіх складальних одиниць на схемі структурного складу;

n_{Σ} – число всіх деталей в приладі.

Якщо: $K_{\text{ун}} < 0,25$ - то погана технологічність;

$K_{yH} = 0,25 - 0,5$ - задовільна технологічність;

$K_{yH} > 0,5$ - хороша технологічність.

Оскільки, $K_{yH} = 0,62 > 0,5$ то значить тут задовільна технологічність.

3) Критерій уніфікації вузлів [44, 45] розраховується по формулі (2.5):

$$K_{yH.N} = \frac{N_{yH.}}{N_{\Sigma}} = \frac{7}{17} = 0,42 \quad (2.5)$$

де N_y – число всіх уніфікованих складальних одиниць схеми структурного складу;

N_{Σ} – число всіх складальних одиниць на схемі структурного складу;

Якщо: $K_{yH.N} < 0,2$ - погана технологічність;

$K_{yH.N} = 0,2 - 0,4$ - задовільна технологічність;

$K_{yH.N} > 0,4$ - хороша технологічність.

Оскільки, $K_{yH.N} = 0,42$ то тут хороша технологічність.

4) Критерій уніфікації деталей [44, 45] розраховується по формулі (2.6):

$$K_{yH.n} = \frac{n_{yH.}}{n_{\Sigma}} = \frac{28}{25} = 0,8 \quad (2.6)$$

де n_{yH} – число всіх уніфікованих деталей в приладі;

n_{Σ} – число всіх деталей в приладі.

Якщо: $K_{yH.n} < 0,3$ - погана технологічність;

$K_{yH.n} = 0,3 - 0,6$ - задовільна технологічність;

$K_{yH.n} > 0,6$ - хороша технологічність.

Оскільки, $K_{yH.n} = 0,8$ - задовільна технологічність.

5) Критерій уніфікації технологічних складальних процесів [44, 45] розраховується по формулі (2.7).

Уніфіковані операції - операції, які широко застосовуються на виробництві, раніше освоєні, для яких існує обладнання, технологічний процес самої операції, не потребують додаткового освоєння.

При цьому розглядаються всі технологічні процеси підприємства (заготівельні, оброблюючі та збірні), але так як ми не маємо доступу до жодного підприємства, то цей показник не розраховуємо.

$$K_{yH.n.m} = \frac{Q_{yH.op}}{Q_{\Sigma op}} = \frac{20}{35} = 0,57 \quad (2.7)$$

де $Q_{yH.op}$ - число всіх уніфікованих операцій;

$Q_{\Sigma op}$ - число всіх операцій.

Якщо: $K_{yH.T.n} < 0,5$ - погана технологічність;

$K_{yH.T.n} = 0,5-0,75$ - задовільна технологічність;

$K_{yH.T.n} > 0,75$ - хороша технологічність.

Оскільки, $K_{yH.T.n} = 0,57$ лежить в межах $0,5-0,75$ – задовільна технологічність.

6) Задовільна технологічність [44, 45] розраховується по формулі (2.8):

$$K_n = \frac{K_{cl.} + K_{yH.} + K_{yH.N} + K_{yH.n} + K_{yH.n.m}}{5} = \quad (2.8)$$

$$= \frac{0,33 + 0,62 + 0,42 + 0,8 + 0,57}{5} = \frac{2,74}{5} = 0,56$$

Розрахувавши всі ці показники технологічності, ми можемо зробити висновок, що відносний показник технологічності – задовільний.

7) Комплексний показник технологічності [44, 45] розраховується по формулі (2.9).

Вибирається нерівномірний розподіл впливу показника на технологічність [44, 45]:

$$\begin{aligned}
 K_{\text{к.}} &= \frac{\sum_{i=1}^n K_i K_{ic}}{\sum_{i=1}^n K_{ic}} = \\
 &= \frac{0,33 \cdot 0,16 + 0,62 \cdot 0,3 + 0,42 \cdot 0,2 + 0,8 \cdot 0,4 + 0,57 \cdot 0,2}{1,062} = \\
 &= \frac{0,7568}{1,062} = 0,7126
 \end{aligned}
 \tag{2.9}$$

де K – комплексний показник технологічності;

K_i – частковий показник технологічності;

K_{ic} – коефіцієнт економічної еквівалентності

i – го часткового показника.

2.1.3. Енергетичний розрахунок

Енергетичний розрахунок є одним з основних етапів проектування приладу, а також методом оцінки ефективності його застосування.

Суть енергетичного розрахунку полягає в тому, щоб оцінити променистий потік (рентгенівське випромінювання), який поступає на приймач випромінювання (в нашому випадку це може бути рентгенівська плівка), розрахувати освітленість в площині спостереження об'єкту [46].

Максимальна концентрація або розподіл променистого потоку можуть бути досяжними оптичним приладом лише у тому випадку, коли прилад матиме спеціально розраховану форму, яка буде зв'язана з джерелом випромінювання (рис. 2.1) [46].

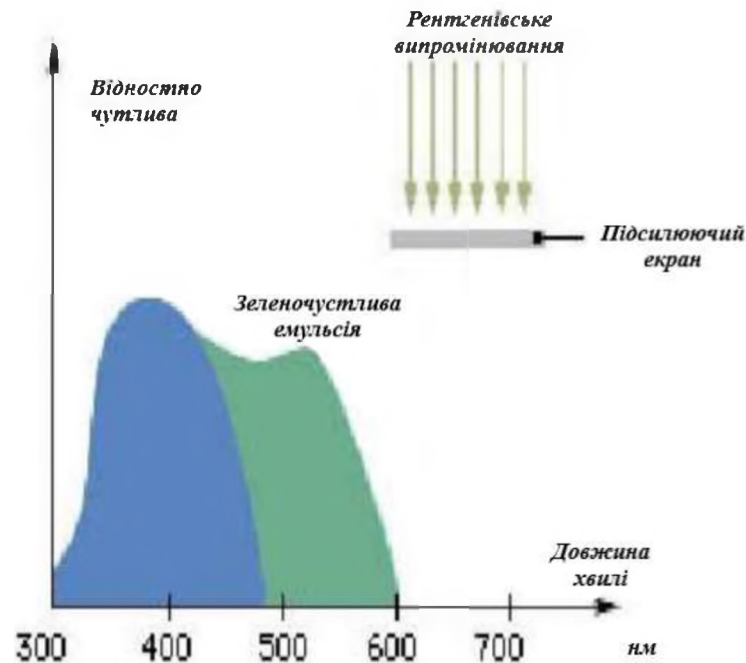


Рисунок 2.1. Відносна чутливість рентгенівської плівки на випромінювання [47]

В даному випадку енергетичний розрахунок складатиметься з таких етапів [46]:

1. Розрахунок променевого потоку, який проходить через компонент оптичної системи.

2. Розрахунок втрат світла в оптичному елементі.

Освітленість характеризує розподіл потоку на освітленій площині. У оптичних приладах три види втрати випромінювання [46]:

- втрати на відбивання на заломлюючій поверхні;
- втрати на поглинання і розсіяння у середині маси скла;
- втрати на поглинання світла на відзеркалювальних металевих поверхнях.

Коефіцієнт відбивання (ρ), пропускання (τ), і поглинання α світлового потоку виражає частину (Φ_ρ) частини світлового потоку, що відображає, яка проходить (Φ_τ) і поглинається (Φ_α) по відношенню до всього падаючого потоку (Φ_0) [46] розраховується по формулі (2.10).

$$\Phi_\rho + \Phi_\tau + \Phi_\alpha = \Phi_0 \quad (2.10)$$

Проведенні дослідження «Білоруський державний університет інформатики і радіоелектроніки» на коефіцієнт відбивання шкірних покривів людини спектрального випромінення (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Результати вимірювань спектральних коефіцієнтів відбиття
шкірного покриву людини [48, 49]**

№	Довжина хвилі	Коефіцієнт відбивання у жінок
1	400	4,92
2	450	5,12
3	500	10,01
4	550	7,92
5	600	13,6

Коефіцієнт відбивання світла на заломлюючій поверхні, яка розділяє два середовища [46], розраховується по формулі (2.11) Френеля:

$$\rho = \Phi_{\rho} / \Phi_0 = \frac{1}{2} \left[\frac{tg^2(\varepsilon' - \varepsilon)}{tg^2(\varepsilon' + \varepsilon)} + \frac{\sin^2(\varepsilon' - \varepsilon)}{\sin^2(\varepsilon' + \varepsilon)} \right] \quad (2.11)$$

$$\tau + \alpha + \rho = 1 \quad (2.12)$$

Для малих кутів падіння коефіцієнт падіння [46] розраховується по формулі (2.13):

$$\rho = \left(\frac{n' - n}{n' + n} \right)^2 \quad (2.13)$$

Показники заломлення скла (табл. 2.2).

Показники заломлення скла [46]

Марка скла	Показник заломлення
Ф13	1,6240
ТФ13	1,7231
К14	1,5147
ОФ4	1,6504
Флюорит	1,4338
Ф9	1,6139
Ф2	1,6205
К8	1,5182
ТФ1	1,6474

Потік світла виходить з рентгенівського екрану з потужністю 50мВт. Ширина діаграми випромінювання 20° . Розрахуємо тілесний кут потоку світла [46] розраховується по формулі (2.14):

$$\Omega = 2\pi(1 - \cos i) = 2\pi(1 - \cos 20) = 0.372 \quad (2.14)$$

Для розрахунку відношення сигнал/шум потрібно розрахувати потік, що приходить на фотоприймач. Як відомо потік на одному елементі приймача буде визначатися як освітленість цього приймача помножена на площу одного елементу фотоприймача. Тоді спектральний потік на одному елементі ПЗЗ–матриці буде [46] розрахований по формулі (2.15):

$$\Phi_{\Pi}(\lambda) = E_{\Pi}(\lambda) \cdot A_{\Pi} \quad (2.15)$$

де $\Phi_{\Pi}(\lambda)$ – спектральний потік на фотоприймачі;

$E_{\Pi}(\lambda)$ – освітленість на фотоприймачі;

A_{Π} – площа одного елементу ПЗЗ-матриці [46], розраховується по формулі (2.16).

$$A_{\Pi} = W_D \cdot V_D = 2,5 \times 2,5 = 6,25 \text{ мкм}^2 \quad (2.16)$$

Освітленість на фотоприймачі $E_{\Pi}(\lambda)$ [46], розраховується по формулі (2.17):

$$E_{\Pi}(\lambda) = L(\lambda) \cdot \omega \cdot \tau_o \quad (2.17)$$

де $L(\lambda)$ – яскравість в площині предмету;

τ_o – коефіцієнт пропускання світлосильного об'єктиву;

ω – тілесний апертурний кут світлосильного об'єктиву [46], розраховується по формулі (2.18).

$$\omega = \frac{\pi \cdot D_{\text{вх.зн}}^2}{4 \cdot (f')^2} \quad (2.18)$$

де $D_{\text{вх.зн}}$ – діаметр вхідної зіниці світлосильного об'єктиву;

f' – фокусна відстань об'єктиву ПЗЗ-матриці;

$$D_{\text{АД.ЗД}} = 20;$$

$$f' = 25 \text{ мм};$$

$$\omega = 0,503.$$

Яскравість в площині предмету [46], розраховується по формулі (2.19):

$$L(\lambda) = \frac{\Phi_{\text{ДВ}}(\lambda)}{S_{\Pi} \cdot \cos(i) \cdot \Omega} \quad (2.19)$$

де $\Phi_{\text{ДВ}} = 50 \text{ мВт}$,

$$i = 20^\circ;$$

$$\Omega = 0.372.$$

Площа поперечного розрізу [46], розраховується по формулі (2.20):

$$S_{\Pi} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_{\text{ДВ}}^2 \quad (2.20)$$

де $d_{\text{ДВ}} = 10 \text{ мм}$

Тоді $S_{\Pi} = 78,54 \text{ мм}^2$

Результат розрахунку яскравості в площині предмету:

$$L = 4,195 \frac{\text{мВт}}{\text{мм}^2 \cdot \text{срр}}$$

Таким чином підставивши спектральний потік [46], розраховується по формулі (2.15):

$$\Phi_{\Pi} = 0,129 \cdot 10^{-3} \cdot 6,25 \cdot 10^{-6} = 0,807 \cdot 10^{-9} \text{ Вт}$$

де Φ_{Π} – потік, що потрапляє на один піксель.

Загальний потік, що потрапляє на ПЗЗ-матрицю [46], розраховується по формулі (2.20):

$$\Phi_{\Sigma} = \Phi_{\Pi} \cdot N \quad (2.20)$$

де N – кількість ефективних пікселів;

$$N = 4 \cdot 10^6$$

$$\Phi_{\Sigma} = 0,81 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^6 = 3,227 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

2.1.4. Розрахунок розмірного ланцюга

Розмірні ланцюги класифікують: по області застосування, місцю у виробі, розташуванню ланок, характером ланок і за характером взаємних зв'язків між ланками [50].

По області застосування розмірні ланцюги діляться на [50]:

1. *Конструкторська розмірна ланцюг* - розмірний ланцюг, за допомогою якої вирішується завдання забезпечення точності при конструюванні та складанні вузлів.

2. *Технологічна розмірна ланцюг* - розмірний ланцюг, за допомогою якої вирішується завдання забезпечення точності при виготовленні та технології складання виробу.

3. *Вимірювальна розмірна ланцюг* - розмірний ланцюг, за допомогою якої вирішується завдання вимірювання величин, що характеризують точність виробу.

В своїй роботі я розгляну вимірювальний розмір ланцюга для дози випромінювання, в різному віці. Для розрахунків взято три категорії віку, та $\max - \min$ доза випромінювання (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Вхідні данні

Значення		Ефективна доза випромінювання (10^{-3})		
		До 18 років	18-64 років	65 та старше
min	Дуже низький	0,01-1	0,02-2	0,2-20
	Низький	1-10	2-20	20-200
max	Помірний	10-30	20-60	200-500
	Дуже високий	30-100	60-200	

Метод розрахунку розмірних ланцюгів на $\max - \min$

Щоб забезпечити повну взаємозамінність, необхідно навіть при самих несприятливих умовах одержати розміри замикаючої ланки в заданих межах [51].

Вираження максимального і мінімального значення замикаючої ланки розраховується по формулі (2.21 та 2.22) [51]:

$$A_{\Delta \max} = \sum_{i=1}^m A_{i \max}^{3\delta} - \sum_{m+1}^{n-1} A_{i \min}^{3M} \quad (2.21)$$

$$A_{\Delta \min} = \sum_{i=1}^m A_{i \min}^{3\delta} - \sum_{m+1}^{n-1} A_{i \max}^{3M} \quad (2.22)$$

де $\sum A_i^{3\delta}$ - сума номінальних розмірів ланок збільшувальних;

$\sum A_i^{3M}$ - сума номінальних розмірів ланок зменшувальних;

m – число ланок збільшувальних;

n – загальне число ланок розмірного ланцюга.

1. Для 18 років і молодше

$$A_{\Delta \max} = 65 - 20 = 45 \text{ мР}$$

$$A_{\Delta \min} = 5.5 - 0.505 = 4.995 \text{ мР}$$

2. Від 18 до 64 років

$$A_{\Delta \max} = 130 - 40 = 90 \text{ мР}$$

$$A_{\Delta \min} = 11 - 1,01 \text{ мР}$$

3. Від 65 років та старше

$$A_{\Delta \min} = 110 - 10,1 = 99,9 \text{ мР}$$

2.2. Розробка схеми складання та технологічного процесу складання

2.2.1. Схема структурного складу

Структурну схему складання системи автоматизації діагностики РМЗ показано на кресленні ДППБ-п72.1702.007СХ (Додаток 10). У складі приладу є 17 складальних одиниць, а також 51 деталі, 32 з яких - стандартні вироби.

2.2.2. Технологічна схема складання

Технологічна схема складання (ТСС) показана на кресленні ДППБ-п72.1702.008СХ (Додаток 11) показує структуру та маршрут складання системи автоматизації діагностики РМЗ і його окремих вузлів.

Більш детальний маршрут складання системи автоматизації діагностики РМЗ показано в «Маршруті складання приладу» (Додаток 12).

2.2.3. Маршрутні карти складання

Маршрутні карти розроблені згідно спроектованої технологічної схеми складання, заповнені маршрутні карта розміщені в Додатку 12 до даної дипломної проекту.

ВИСНОВКИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗДІЛУ

В технологічній частині дипломного проекту було розраховано основних критерій технологічності розробленої системи для автоматизованої діагностики РМЗ.

Також було розроблено технологічну схему складання і схему складального складу. Проведений розрахунок розмірного ланцюга. На основі даних розрахунків та розроблених схем був визначений технологічний процес складання, який представлений в маршрутно-операційних картах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведені дослідження та запропонована класифікація найбільш ефективних методів діагностики стану молочної залози. Розроблена конструкція та проведено проектування цифрового мамографа. Запропонована нова структурно- функціональна схема з автоматизацією діагностичної системи на яку іде підготовка подання заявки на Патент України. Виконані поглиблені і розширені променеві та енергетичні розрахунки. Обраховані технологічні параметри розробленої системи цифрового мамографа.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Основні поняття про рак молочної залози.
http://prco.com.ua/pub_breast_cancer/
- [2] Лойт А. А. Хирургическая анатомия груди, живота и таза / А. А. Лойт, А. В. Каюков, А. А. Паншин. – Санкт-Петербург: Питер, 2016. – 350 с.
- [3] Любаренко, Н. С. 3D моделювання естетичного протезу молочної залози : магістерська дис. : 163 Біомедична інженерія / Любаренко Наталія Сергіївна. – Київ, 2018. – 84 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/26889>
- [4] ACR BI-RADS® Atlas Fifth Edition/Radiopaedia/Radiology Assistant/Radiografia//Методичні рекомендації щодо оцінки результатів рентгенівських мамографічних, ультразвукових і магнітно-резонансних досліджень молочних залоз./Укладачі: Бендерська Н.А. - завідувач рентгенодіагностичним відділенням буз УР "Республіканський клініко-діагностичний центр МОЗ УР"; Палар Н.Л. - лікар-рентгенолог буз УР "Республіканський клініко-діагностичний центр МОЗ УР"; Кандратьев І.А. - лікар-рентгенолог буз УР "Республіканський клініко-діагностичний центр МОЗ УР"; Желудова І.І. - завідувач відділенням променевої діагностики буз УР «Міська клінічна лікарня № 9 МОЗ УР». <http://24radiology.ru/molochnye-zhelezy/bi-rads-issledovanie-molochnyh-zhelez/>
- [5] Використання системи BI-RADS для інтерпретації даних магнітно-резонансної мамографії при раку молочної залози С.А. Хоружик, к. М. Н., Доцент, лікар-рентгенолог; С.В. Шіманец, м. Н. с. діагностичного відділу з групою променевої діагностики; А.В. Карман, к. М. Н., В. н. с., керівник групи променевої діагностики; Е.В. Шаповал, д. М. Н., Завідуюча відділом онкомамології з онкогінекологічної групою/Werner A. Kaiser Signs in MR-Mammography/Стандартизація ІНТЕРПРЕТАЦІИ мамографічного ЗОБРАЖЕННЯ - Г. П. Корженкова

- [6] Vogel H.G., Age dependence of mechanical and biochemical properties of skin, Part I: stress–strain experiments, skin thickness and biochemical analysis, Bioeng Skin 3. 2017 –С. 67–91.
- [7] Національна академія медичних наук України/ Найважливіші прориви у боротьбі з раком, які вчені здійснили у 2019 році [Http://amnu.gov.ua/najvazhlyvishi-proryvy-u-borotbi-z-rakom-yaki-vcheni-zdijsnyly-u-2019-roczii/](http://amnu.gov.ua/najvazhlyvishi-proryvy-u-borotbi-z-rakom-yaki-vcheni-zdijsnyly-u-2019-roczii/)
- [8] Рак молочної залози. Діагностика та лікування <http://www.pfizermed.com.ua/public/medical-content/%D1%80%D0%B0%D0%BA-%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%97-%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B7%D0%B8-%D0%B4%D1%96%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0-%D1%82%D0%B0-%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F/2741>
- [9] Міністерство охорони здоров'я України НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ Імені О.О.БОГОМОЛЬЦЯ Методи обстеження молочної залози <https://studfile.net/preview/2284100/page:4/>
- [10] М. Ф. Терещенко, О.В. Христовий «Моделювання мінімальної напруги на рентгенівській трубці», Вісник НТТУ «КПІ». Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. - 2012.- № 43.- С. 80-87.
- [11] Корнієнко, К. В. Радіотермографія як метод діагностики раку молочної залози / К. В. Корнієнко // XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019 року, м. Київ, Україна : збірник праць конференції / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ, ФММ. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського; Центр учбової літератури, 2019. – С. 355–357. – Бібліогр.: 7 назв. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/31756>

- [12] Tymchik G. Investigation Thermal Conductivity of Biological Materials by Direct Heating Thermistor Method / G. Tymchik, S. Vysloukh, N. Tereshchenko, S. Matvienko. – 2018 IEEE 38th International Conference on ELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGY (ELNANO), April 24-26, 2018, – Kyiv, Ukraine. – pp. 429-434.
- [13] Sergey Matvienko, Vadim Shevchenko, Mykola Tereshchenko, Anatolii Kravchenko, Ruslan Ivanenko (2020). Determination of composition based on thermal conductivity by thermistor direct heating method. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, ISSN 1729-3774, 1/5 (103), p. 19–29. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.193429
- [14] Терещенко М.Ф. Біофізика: підручник / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 444 с. ISBN 978-966-622-942-0
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27589>
- [15] Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 396. June 30, 2015 «On Approval and Implementation of Medical-Technological Documents for the Standardization of Medical Aid in Breast Cancer», Access Mode: http://mtd.dec.gov.ua/images/dodatki/2015_396_RMZ/2015_396_nakaz_RMZ.pdf (in Ukrainian)
<https://www.oncology.kiev.ua/article/7236/ocinka-dozovix-navantazhen-ta-yakosti-zobrazhennya-pri-skriningovix-mamografichnix-doslidzhennyax>
- [16] Зінченко О.В. Достовірність та ефективність методів мамографії / Зінченко О.В., Терещенко М.Ф. // Збірник праць XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні» 4-5 грудня 2018 р, Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», — 2018. — с. 269-272
- [17] Статистика доброякісних захворювань МЗ, виявлені у жінок різних вікових груп при комплексному обстеженні
<https://www.oncology.kiev.ua/ru/article/6603/mozhливosti-kontaktnoi->

[cifrovoy-termografii-u-rannij-doklinichnij-diagnostici-raku-molochnoi-zalozi-2](#)

- [18] Основные критерии выбора современной рентгеновской установки <https://safire.ru/osnovnye-kriterii-vybora-sovremennoj-rentgenovskoj-ustanovki/>
- [19] Аналоговые (плёночные) маммографы <https://safire.ru/analogovye-mammografy/>
- [20] Цифровая или аналоговая маммография <https://acmd.clinic/article/tsifrovaya-ili-analogovaya-mammografiya>
- [21] Аналоговые и цифровые маммографические системы - преимущества и недостатки <https://radio-med.ru/publikaczii/analogovye-i-tsifrovye-mammograficheskie-sistemy/>
- [22] 15 фактов о раке молочной железы, которые должна знать каждая женщина <https://medchannel.ru/have-no-fears/15-faktov-o-rake-molochnoi-zhelezi-kotorie-dolzha-znat-kazhdaya-zhenshchina>
- [23] Информационный лист Маммографический скрининг Программа по выявлению рака груди на ранней стадии у женщин в возрасте от 50 до 69 лет. https://www.mammo-screening.org/wp-content/uploads/2018/06/merkblatt_russisch.pdf
- [24] ГОСТ Р 56311-2014 Изделия медицинские электрические. Аппараты рентгеновские маммографические с цифровой регистрацией изображения. Технические требования для государственных закупок <http://docs.cntd.ru/document/1200116334>
- [25] Терещенко М.Ф. Біофізика: практикум / М.Ф. Терещенко, Г. С.Тимчик, І.О. Яковенко. - К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019.- 288 с. ISBN 978-966-622-952-9 <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/28227>
- [26] [1] МУ 2.6.1.2944-11 Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований, - МЗ и СР, 2013 [2] НРБ-99/2009 Нормы радиационной

- безопасности [3] СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований, - МЗ РФ, 2003
<http://docs.cntd.ru/document/1200116334>
- [27] Маммографический способ и устройство для генерации цифрового томосинтетического трехмерного изображения (США 2005)
<https://patents.google.com/patent/US7463713B2/en?Q=digital+mammograph+combined&oq=digital+mammograph+combined&page=9>
- [28] Методы и аппаратура для компьютерной автоматизированной диагностики маммограмм (США 2007)
<https://patents.google.com/patent/US7865002B2/en?Q=digital+mammograph+combined&oq=digital+mammograph+combined&page=9>
- [29] Рентгенограмма молочной железы в вертикальном положении с помощью режима ст, нескольких режимов томосинтеза и режима маммографии (Южная Корея 2011-2019)
<https://patents.google.com/patent/KR101836549B1/en?Q=combined+mammography+digital+tomosynthesis&oq=combined+mammography+digital+tomosynthesis>
- [30] Спосіб комплексної діагностики та терапії захворювання молочної залози (2019)
<https://base.uipv.org/searchinv/search.php?Action=viewdetails&idclaim=255204>
- [31] Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія / Терещенко М.Ф., Тимчик Г.С., Чухраєв М.В., Кравченко АЮ. - Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. -184 с.
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25501>
- [32] Спосіб діагностики та терапії захворювання молочної залози (2013)
<https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=187976&chapter=description>

- [33] Спосіб лічення РМЖ (РФ 1998)
https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002117445_19980820_C1_RU/
- [34] К. В. Корнієнко, М.Ф. Терещенко Система візуалізації теплових полів людини // Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – С.202-205.
- [35] Філіппова М. В. Вплив короточасної ішемії на температуру ступней ніг та кольорову гаму їх зображення на екрані тепловізора / М. В. Філіппова, М. Ф. Терещенко, О. П. Волошин, І. Д. Єкімов // Молодий вчений. — 2015. — №6(1). С.35-39
<http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2015/6/07.pdf>
- [36] Корнієнко К.В., Термографія як метод ранньої діагностики / Корнієнко К.В. // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених: «Погляд у майбутнє приладобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського, ПБФ - м. Київ, Україна, 13-14 травня 2020 р. – ПУМПБ – С. 198-201.
- [37] М.Ф. Терещенко, М.В. Чухраєв, К.М. Терещенко , «АДАПТИВНІ СИСТЕМИ ТА АПАРАТИ ФІЗІОТЕРАПІЇ» на XVIII Міжнародній науково-технічній конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи», ПБФ, КПІ ім.Ігоря Сікорського, 15-16 трав.2019 р., Київ, Україна, 2019.–224 с., С.127-128.
- [38] Спосіб діагностики та терапії захворювання молочної залози (2013)
<https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=187976&chapter=description>
- [39] Спосіб лічення РМЖ (РФ 1998)
https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002117445_19980820_C1_RU/
- [40] Принципи побудови, структурні схеми джерел живлення, керування та експозиції РДА. Розрахунок параметрів головного ланцюга апарату
https://kafvp.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/03/prom_lb3.pdf

- [41] Принципи побудови та робота джерел рентгенівського випромінювання: рентгенівської трубки, моноблоку, випромінювача. Регламент наладки та обслуговування https://kafvp.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/03/prom_lb2.pdf
- [42] Учреждение образования «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ Программа, методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения всех специальностей <https://core.ac.uk/download/pdf/144010418.pdf>
- [43] Богачук, Д. О. Рентгенодіагностична система : дипломний проект ... бакалавра : 6.051003 Приладобудування / Богачук Дмитро Олександрович. – Київ, 2019. – 92 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/28456>
- [44] Савченко, А. В. Портативний електроміограф з мікроконтролерним керуванням: дипломний проект ... бакалавра : 6.051003 Приладобудування / Савченко Андрій Віталійович. – Київ, 2019. – 94 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/28466>
- [45] Основи технології складання приладів: Підручник/ В.О. Румбешта. - К.: ІСДО, 1993. - 303с.
- [46] Променева техніка: метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт для студ. напряму підготов.6.051003 «Приладобудування» спец. 6.090900 «Медичні прилади і системи», Терещенко М.Ф., Київ.: НТУУ «КПІ», 2011. -160 с. <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/26440>
- [47] Фотографічні приймачі зображення. Дослідження характеристик і параметрів підсилюючих екранів , касет, рентгенівських плівок та комплексів. Автоматичне проявлення знімків та контроль якості. https://kafvp.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/03/prom_lb5.pdf
- [48] Измерение спектральных коэффициентов отражения кожных покровов человека <https://novainfo.ru/article/1896>

- [49] Eremia S, Li C, Umar SH, A side-by-side comparative study of 1064 nm Nd:YAG, 810 nm diode and 755 nm alexandrite lasers for treatment of 0.3-3 mm leg veins." Dermatol Surg. 2002 Mar;28(3):224-30
- [50] Класифікація розмірних ланцюгів
https://stud.com.ua/1378/tovarovnavstvo/klasifikatsiya_rozmirnih_lantsyugi_v
- [51] Складання і розрахунків розмірних ланцюгів.
<http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/lekciya-5-skladannja-i-rozrahunok-rozmirnyh-lancjuhiv.pdf>
- [52] Дипломне проектування [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання дипломних проектів для студентів напрямку 6.0909 – «Прилади» спеціальності “Медичні прилади і системи” усіх форм навчання / НТУУ «КПІ» ; уклад.: Г. С. Тимчик, М. Ф. Терещенко, С. П. Вислоух, О. І. Паткевич. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,26 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2008. – 104 с. – Назва з екрана
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/32089>

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1

«Акт впровадження»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ «НМЦ Медінтех»

Чухраєв М.В.
(ініціали, прізвище)
«03» червня 2020 р.

АКТ
впровадження в виробництво матеріалів дипломного проекту
на тему: «Цифровий мамограф»

виконану студенткою гр. ПБ-п72 **Корнієнко Катериною Володимирівною**

Виконаний дипломний проект на основі завдань цільової програми наукових досліджень НАН України «Матеріали для медицини і медичної техніки та технології їх отримання і використання» на 2017-2021 роки, затвердженої Постановою Президією НАН України №76 від 15.03.2017, та договору № 5/2014 від 10.07.2014 р. про співпрацю ПБФ НТТУ «КПІ» з ТОВ «НМЦ Медінтех» впроваджено на основі наступних підстав:

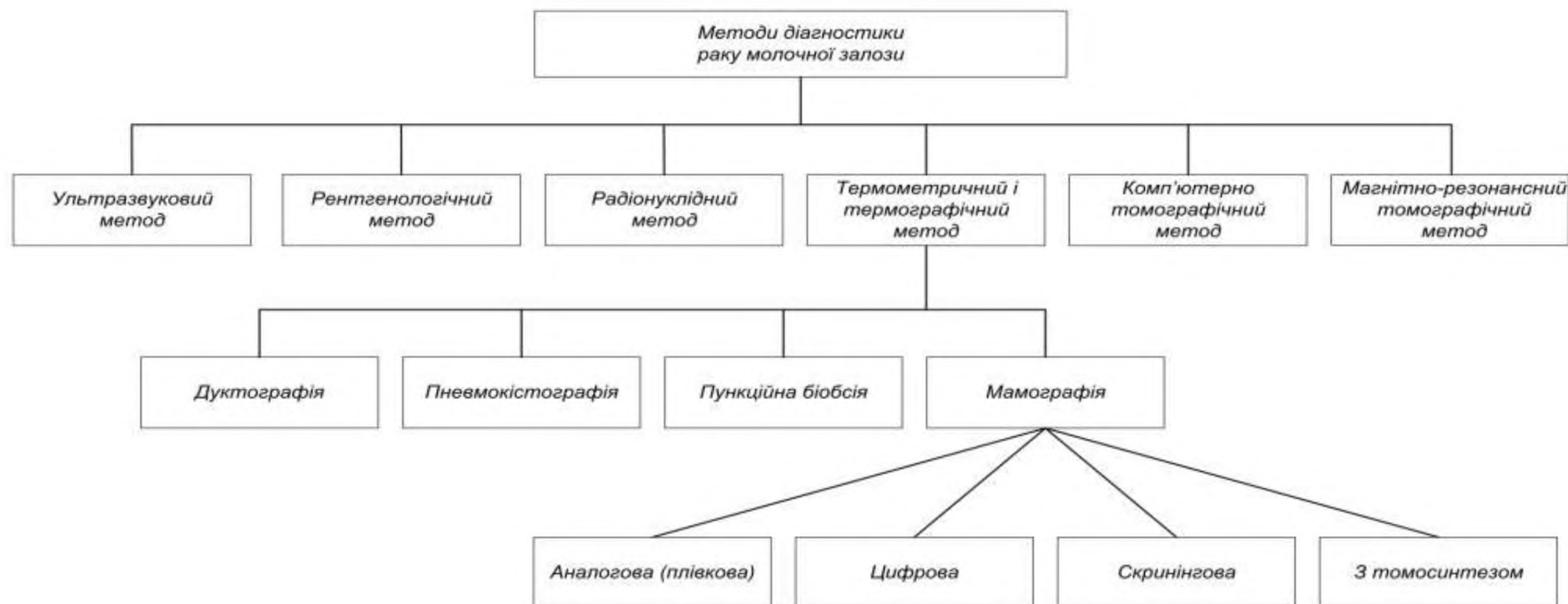
1. Результати розробки і дослідження є актуальним при створенні нових типів діагностичних апаратів і систем для мамографії та розробці нових засобів мамографічних досліджень, згідно Програмами пріоритетних досліджень на 2016-2020 р.

2. Отримані результати проектування, методика розрахунків, конструкції блоків, систем та схем можуть бути використані в спільних роботах ТОВ «НМЦ Медінтех» та НТТУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Отримані дані по дипломному проекту будуть використані в підрозділах ТОВ «НМЦ Медінтех» в 2020-2021 рр.

ДОДАТОК 2

«Класифікація методів діагностики РМЗ»



					ДППБ-п72.1702.001СХ							
					Класифікація методів діагностики РМЗ							
										Літ.	Маса	Маштаб
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Корнієнко К.В.										
Перевірив		Тарасанко М.Ф.										
		Вороненко К.П.										
Н. Контр.												
Затверд.												
					КПІ ім. Ігоря Сікорського							
					ПБФ, ЗК							

ДОДАТОК 3

«Статистика захворювань РМЗ за віком»

Таблиця 1.2

Доброякісні захворювання МЗ, виявлені у жінок різних вікових груп при комплексному обстеженні [17]

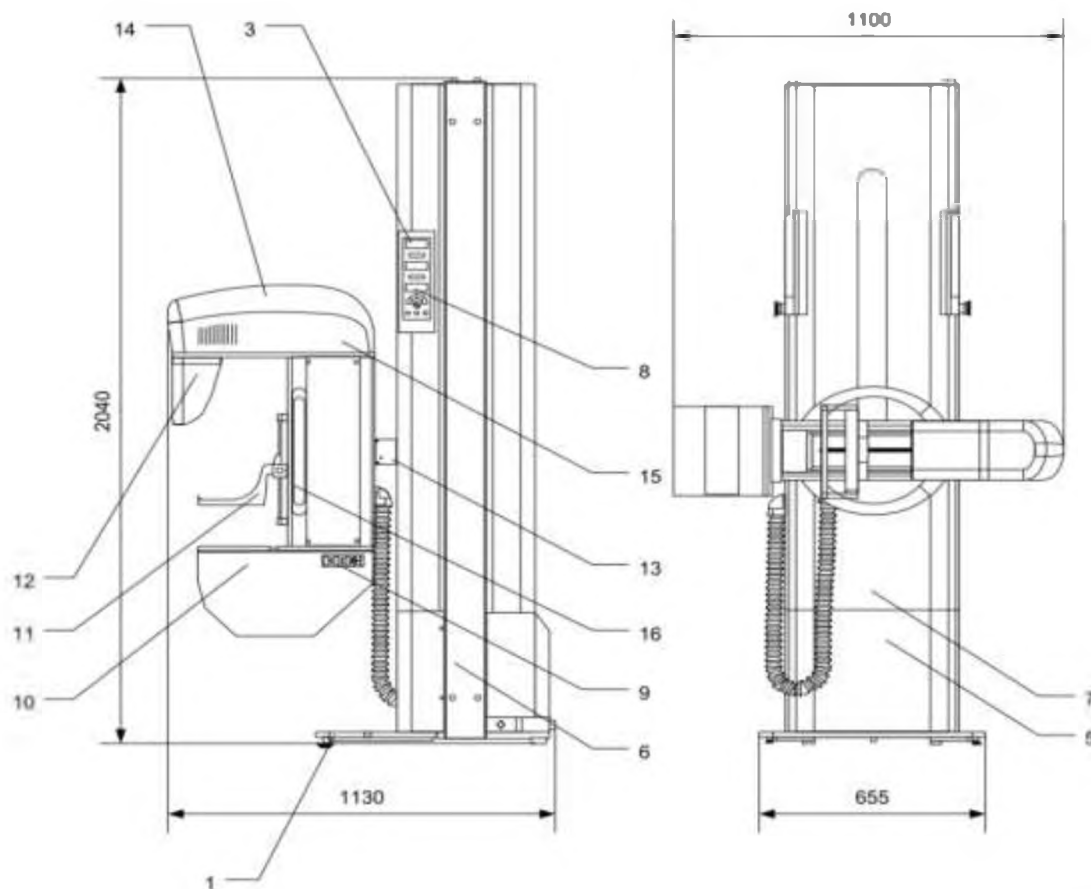
Нозологічна одиниця	Вікова група, роки						Всього
	18–29	30–39	40–49	50–59	60–69	70–79	
Дифузна фіброзно-кістозна мастопатія (ФКМ)	5	11	25	19	–	–	60 (17,5%)
Фіброзна мастопатія	1	1	13	16	9	2	42 (12,2%)
Вогнищеве утворення (Susp Ca)	–	2	8	16	12	3	41 (11,9%)
Дифузна вузлова мастопатія	–	4	12	8	7	5	36 (10,5%)
Фіброаденома	3	–	2	10	9	3	27 (7,9%)
Мастодинія	7	5	3	7	4	–	26 (7,6%)
Кіста	1	4	7	9	3	1	25 (7,3%)
– з нагноєнням	1	2	1	–	–	1	5 (1,5%)
– із хронічним запаленням	–	–	1	–	–	1	2 (0,6%)
ФКМ, фіброаденома	1	2	2	10	1	–	16 (4,7%)
Змішана ФКМ	–	12	–	1	–	–	13 (3,8%)
Фіброліпома, ліпома	–	–	1	2	5	–	8 (2,3%)
Галакторея	–	2	–	4	1	1	8 (2,3%)
Фіброаденоматоз	1	2	3	1	–	–	7 (2,0%)
Нелактаційний мастит	1	–	1	4	1	–	7 (2,0%)
Мікрокальцинати	–	1	1	2	2	1	7 (2,0%)
ФКМ, внутрішньопротокова папілома	–	1	3	–	–	–	4 (1,2%)
Гематома	–	–	1	3	–	–	4 (1,2%)
Залозиста гіперплазія	–	–	–	4	–	–	4 (1,2%)
Лактуюча МЗ	1	–	–	–	–	–	1 (0,3%)
Всього	22 (6,4%)	49 (14,3%)	84 (24,5%)	116 (33,8%)	54 (15,7%)	18 (5,2%)	343 (100%)

ДОДАТОК 4

«Класифікація засобів мамографії»

ДОДАТОК 5

«Загальний вигляд та складальне креслення цифрового
мамографа»

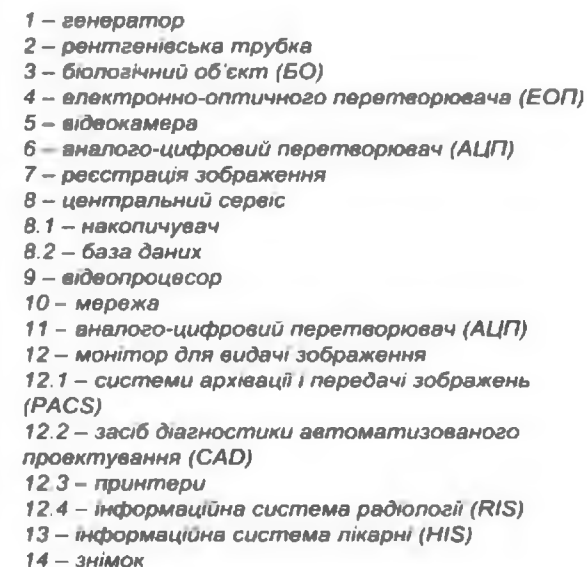


- 1 – Платформа
- 2 – Педалі ногоного управління
- 3 – Адаптер комп'ютерної регенерації
- 4 – Дисплей
- 5 – Стационарна колона
- 6 – Колона
- 7 – Телескопічна колона
- 8 – Основна панель управління
- 9 – Панель управління поворотним кронштейном
- 10 – Решітка
- 11 – Компресійна плата
- 12 – Щиток для підборіддя
- 13 – Поворотний кронштейн
- 14 – Моноблок
- 15 – Кришка корпусу
- 16 – Поручні
- 17 – Корпус

					ДППБ-п72.1702.003СК		
Зм.	Дж.	№ докум.	Підпис	Дата	Цифровий маммограф Загальний вигляд		
Розробив	Карпінко К.В.						
Перевірив	Терещенко М.Ф.				Лист 1 з 1		
	Васильченко В.П.				Архив		
Н. Контр.					КЛІ ім. Ігоря Сікорського		
Затверд.					ПБФ. ЗК		

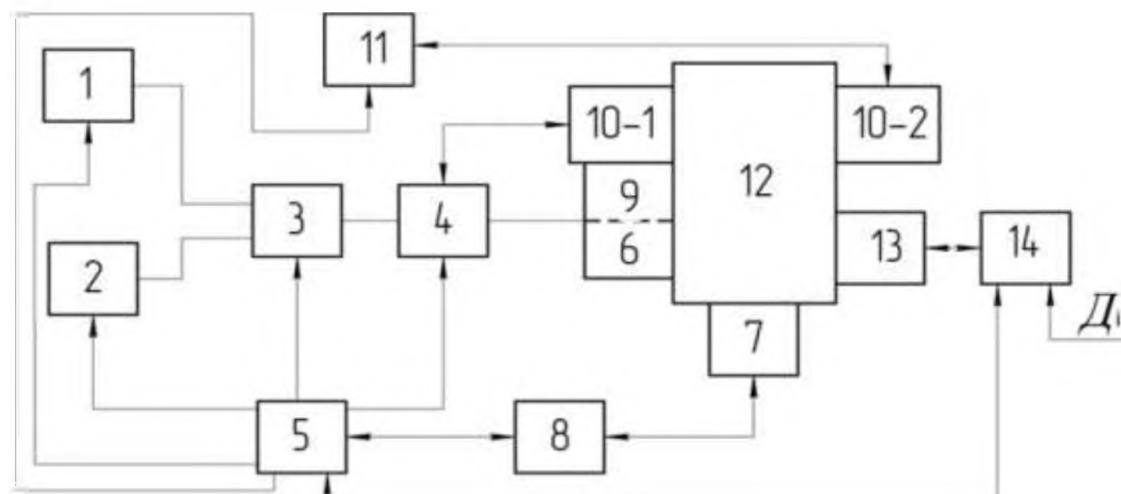
ДОДАТОК 6

**«Функціональна схема цифрового мамографа з екраном
електронно-оптичного перетворювача (ЕОП)»**



ДОДАТОК 7

**«Функціональна схема системи автоматизованої діагностики
РМЗ»**



- 1 – високочастотний генератор
- 2 – низькочастотний генератор
- 3 – модулятор
- 4 – підсилювач потужності
- 5 – блок керування
- 6 – ультразвуковий випромінювач
- 7 – датчик температур
- 8 – блок температурного контролю
- 9 – датчик ультразвукового дослідження
- 10-1 – променевий випромінювач
- 10-2 – приймач тіньового зображення
- 11 – монітор
- 12 – досліджуємий об'єкт (молочна залоза)
- 13 – автоматизований фотоекспонетр
- 14 – блок контролю дози

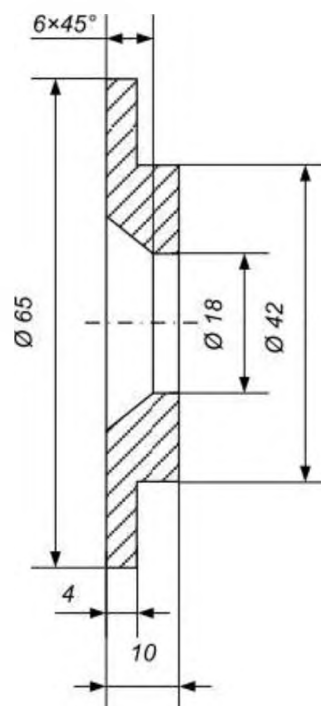
					ДППБ-п72.1702.005СХ		
					Система автоматизації діагностики РМЗ Функціональна схема		
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Масштаб	Масштаб
Розробив	Кириченко К.В.						
Перевірив	Горіщенко М.Ф.						
	Витвич К.П.				Аркуш		Аркуш
Н. Кожух					КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Затверд.					ПБФ, ЗК		

ДОДАТОК 8

«Електрична схема цифрового мамографа»

ДОДАТОК 9
«Деталювання»

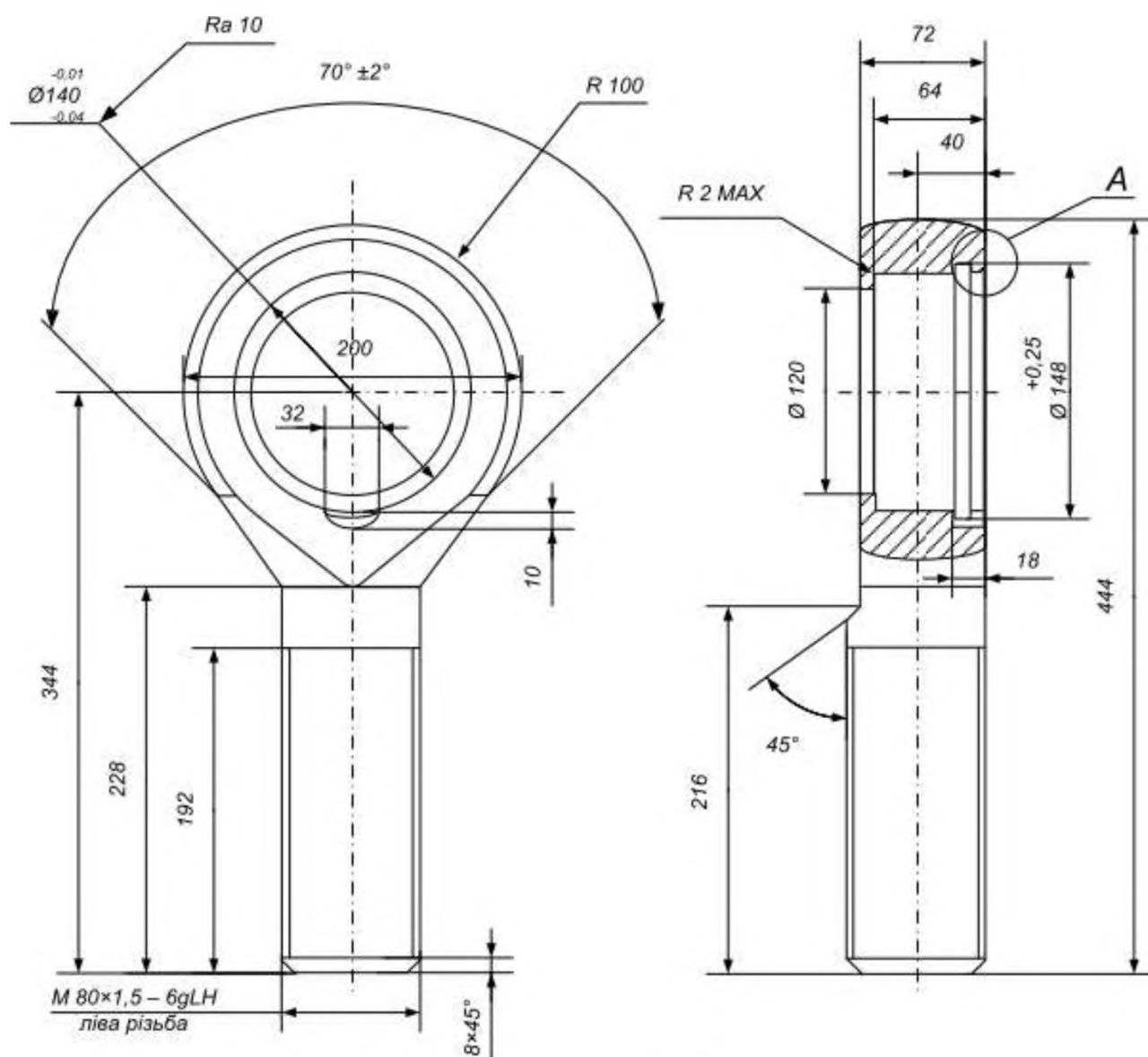
$\sqrt{Ra\ 6,3}$



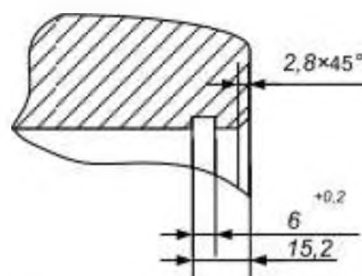
1. H12, h12, +IT12/2
2. HRC 30 ... 353
3. Покриття Хім. Окс. (хімічне оксидування)

					ДППБ-п72.1702.003.002				
					Фланец	Літ.		Масса	Маштаб
									1:1
						Аркуш		Аркушів	
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Сталь 45 ГОСТ1050-88	КПІ ім. Ігоря Сікорського ПБФ, ЗК			
Розробив	Корнієнко К.В.								
Перевірив	Терещенко М.Ф.								
	Вонсевич К.П.								
Н. Контр.									
Затверд.									

$\sqrt{Ra\ 6,3}$

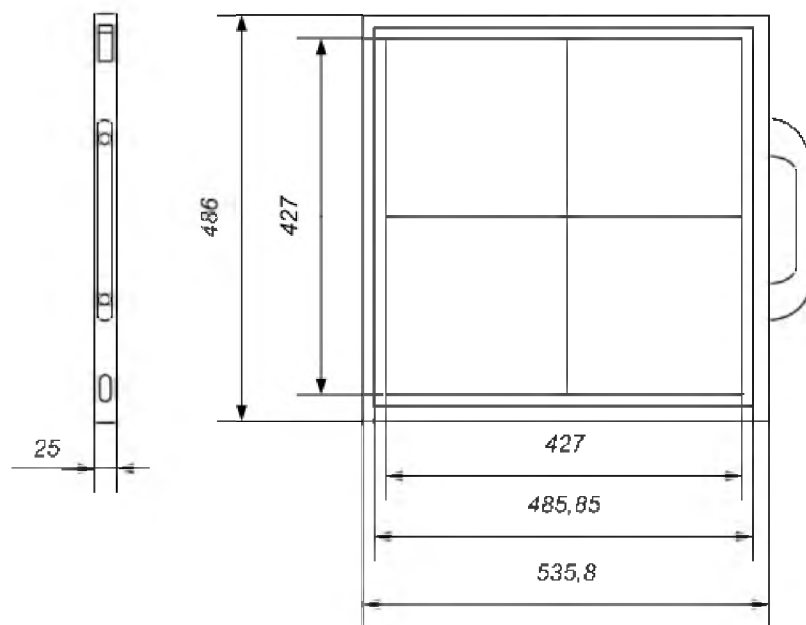


A (2:1)

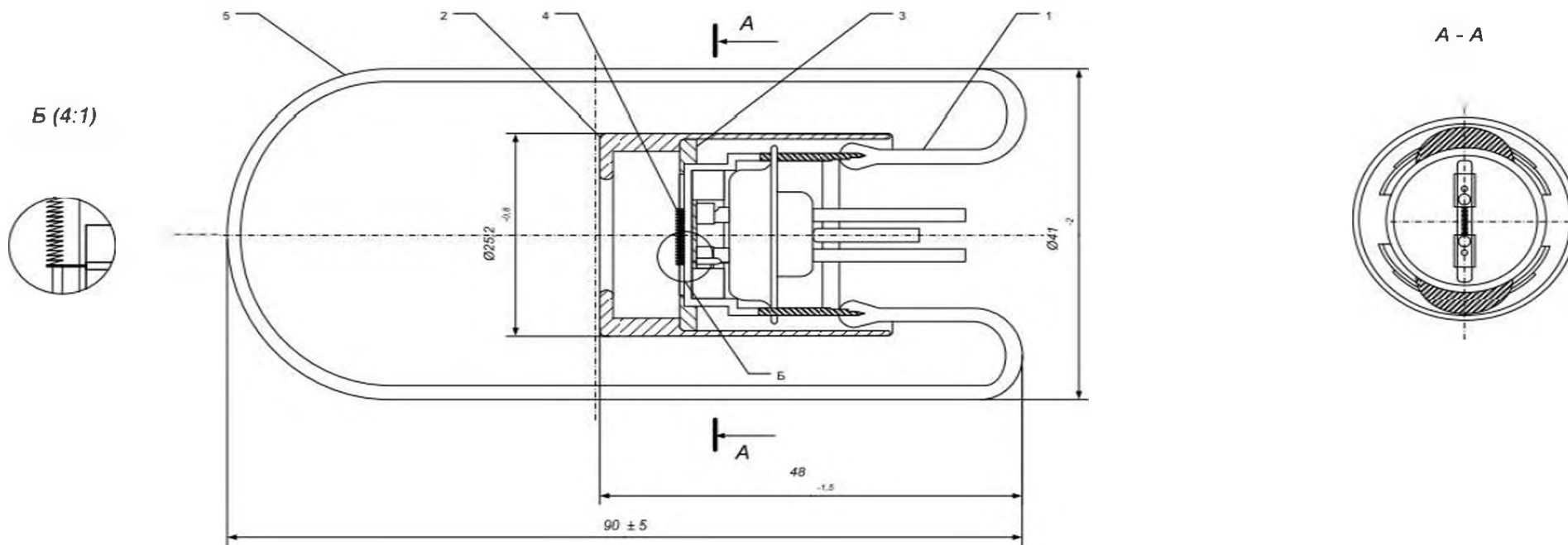


1. Покриття Хім. Окс. (хімічне оксидування)

					ДППБ-п72.1702.003.003			
					Шарнірне з'єднання			1:4
					Сталь 45 ГОСТ1050-88			КПІ ім. Ігоря Сікорського ПБФ, ЗК
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Корнієнко К.В.						
Перевірів		Герещенко М.Ф.						
		Вонсевич К.П.						
Н. Контр.								
Затверд.								

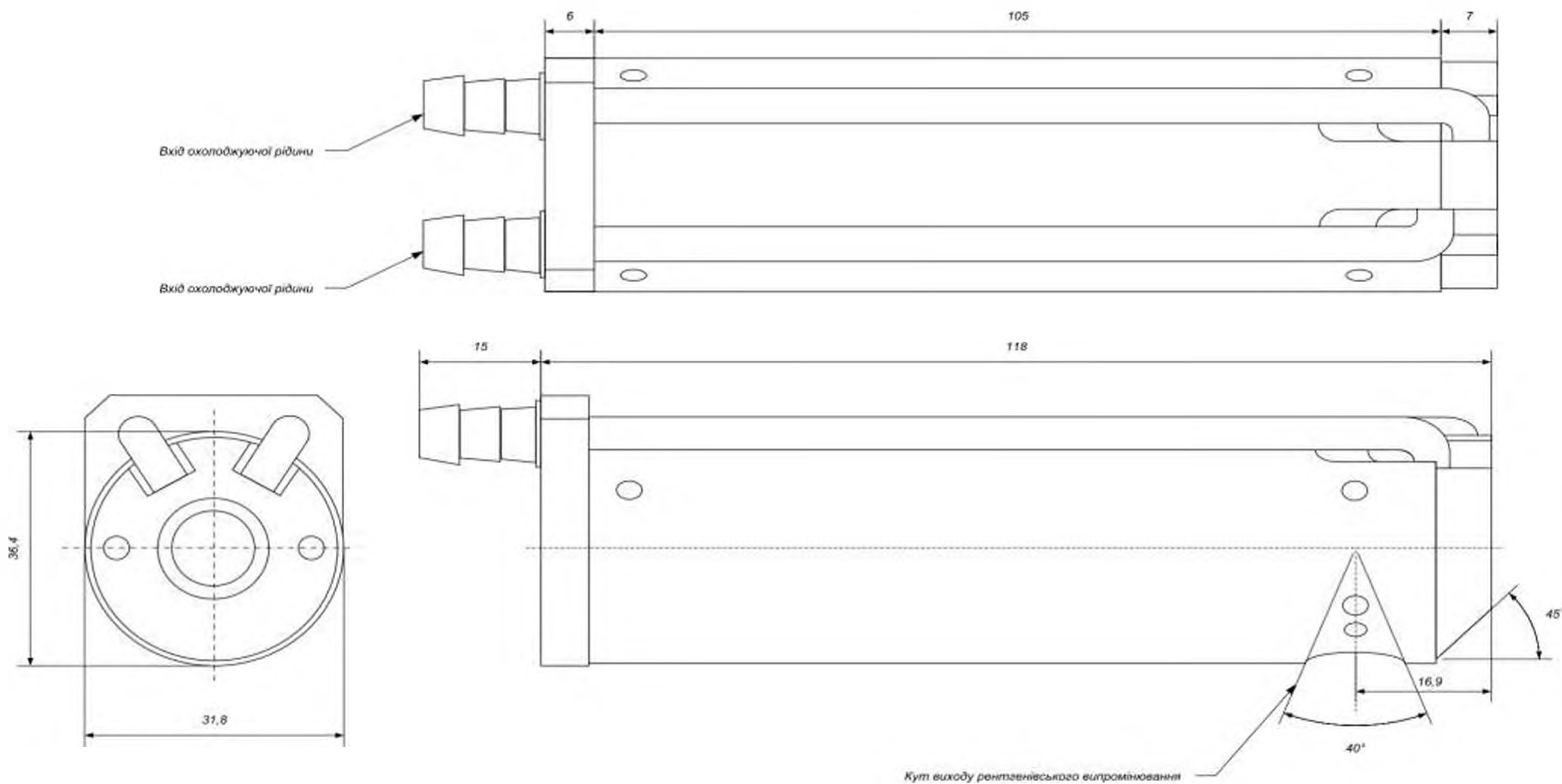


					ДППБ-п72.1702.003.004				
					Рентгенівська панель				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.			Маса	Маштаб
Розробив		Корнієнко К.В.							1:10
Перевірів		Терещенко М.Ф.							
		Вонсевич К.П.			Аркуш			Аркушів	
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ПБФ, ЗК				
Н. Контр.									
Затверд.									



Формат	Зона	Лист	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
				Складальні одиниці		
		1		Ніжка	1	
		2		Чохол	1	
		3		Головка	1	
		4		Катод	1	
				Матеріал		
		5		Скло 8245	1	
				Циліндр Ø41±0,7×1,8±0,3		

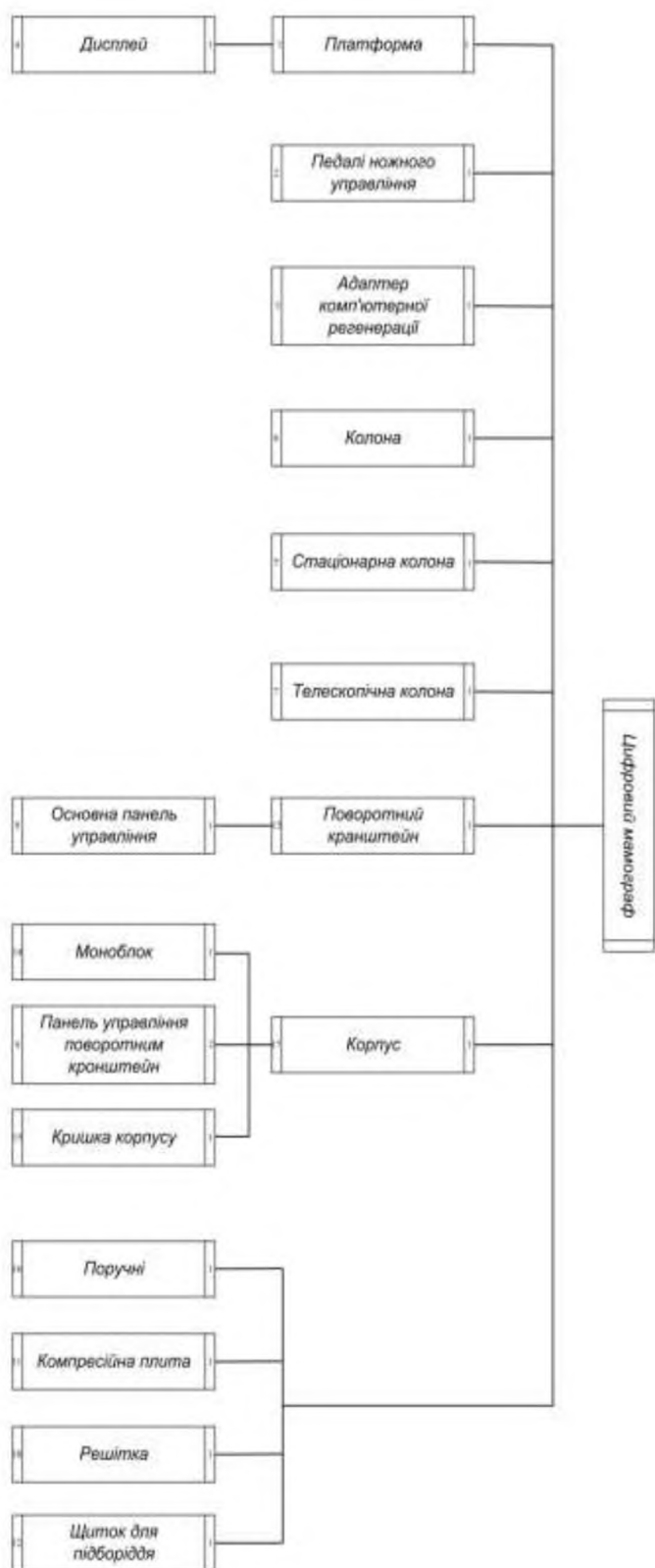
						ДППБ-п72.1702.003.005СК			
						Катод рентгенівської трубки	Лит.	Маса	Маштаб
Зм	Арх	№ докум	Підпис	Дата					2:1
Розробив		Корнієнко К.В.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ПБФ. ЗК		
Перевірив		Терещенко М.Ф.							
		Вансевич К.П.							
Н. Контр.									
Затверд.									



ДППБ-п72.1702.003.006СК					Рентгенівська трубка		
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Масштаб	Місця в.к.
Розробив	Корнієнко Я. В.						2 1
Перевірив	Терещук М. Ф.						
	Шевченко Р. П.						
Н. Контр.							
Затверд.							
					КПІ ім. Ігоря Сторського		
					ПБФ. ЗК		

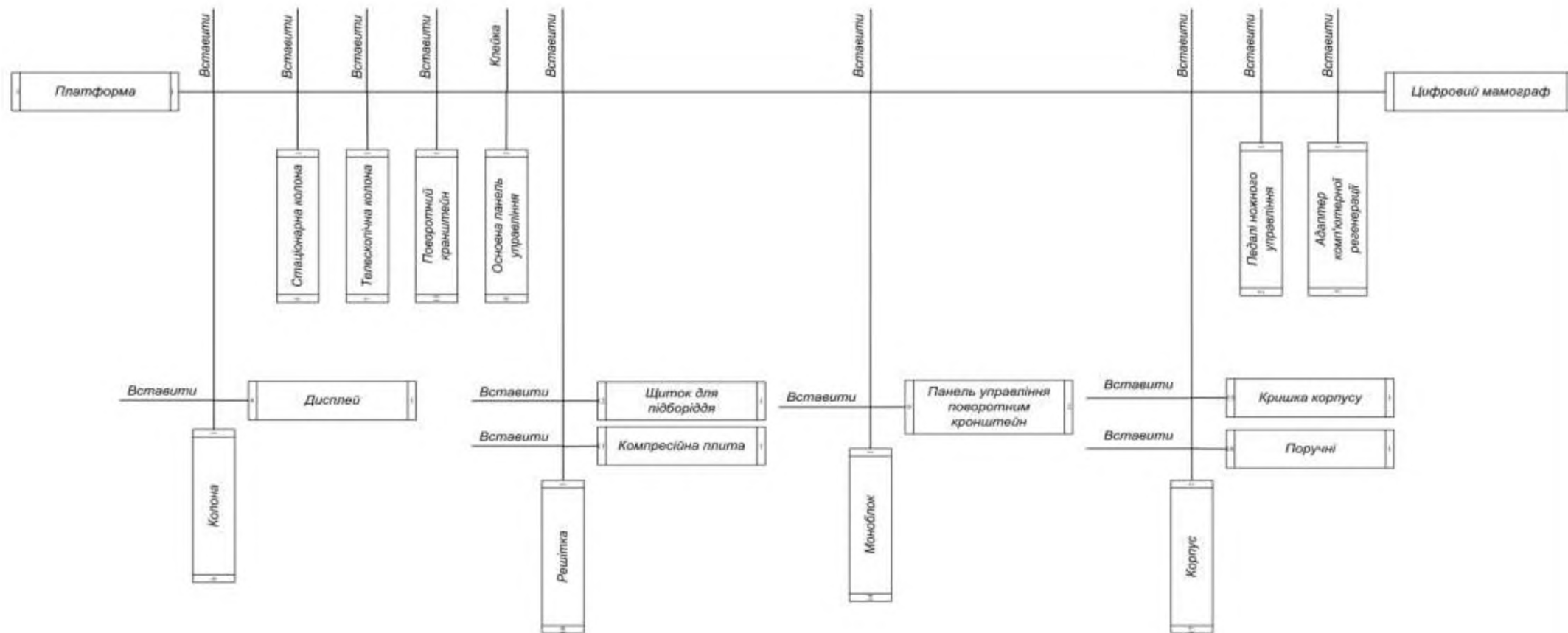
ДОДАТОК 10

«Структурна схема складання»

[illegible]

ДОДАТОК 11

«Технологічна схема складання»



					ДППБ-п72.1702.008СХ		
					Цифровий маммограф Технологічна схема складання		
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Місце	Міхрометр
Розробив		Борисенко К.В.					
Перевірив		Пороченко М.В.					
		Володимир А.П.					
Н. Контр.							
Виконав							
					Архив		
					КТУ ім. Ігоря Сікорського		
					ПБФ, каф. ВП		

ДОДАТОК 12

«Маршрутная карта»

			2	1

	Код	ЕВ	МД	ЕН	М.паск	КИМ	Код заготовки	Профели и размеры	КД	МВ	

11/11/2019

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Розроб.	Корнієнко К. В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського	ДППБ-п72.1702.009СХ		Студентка групи ПБ-п72					
Н. контр.				Цифровий мамограф						ДП		

[illegible]

	Код	ЕВ	МД	ЕН	М.паск	КИМ	Код заготовки	Профсли и размеры	КД	МВ	

--	--

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Розроб.	Корнієнко К. В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського	ДППБ-п72.1702.009СХ		Студентка групи ПБ-п72		
Н. контр.				Цифровий мамограф			ДП		

[illegible]

Двбл.			
Взам.			
Подл.			

Розроб.	Корнієнко К. В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського	ДППБ-п72.1702.009СХ		Студентка групи ПБ-п72					
Н. контр.				Цифровий мамограф						ДП		

[illegible]